



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RG141536**

**PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL  
MENGUNAKAN DATA SATELIT PLEIADES-1B  
DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*  
(STUDI KASUS : PERAIRAN GILI IYANG, JAWA TIMUR)**

KRISTINA PUTRI  
NRP 03311440000010

Dosen Pembimbing  
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - RG 141536**

**PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL  
MENGUNAKAN DATA SATELIT PLEIADES-1B  
DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED  
REGRESSION*  
(STUDI KASUS : PERAIRAN GILI IYANG, JAWA  
TIMUR)**

KRISTINA PUTRI  
NRP 03311440000010

Dosen Pembimbing  
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***





**FINAL ASSIGNMENT - RG 141536**

**BATHYMETRIC MAPPING OF SHALLOW  
WATER USING PLEIADES-1B SATELLITE  
IMAGERY WITH GEOGRAPHICALLY WEIGHTED  
REGRESSION  
(CASE STUDY : GILI IYANG WATERS, JAWA  
TIMUR)**

**KRISTINA PUTRI**  
**NRP 03311440000010**

**Supervisor**  
**Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL  
MENGUNAKAN DATA SATELIT PLEIADES-1B  
DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*  
(STUDI KASUS : PERAIRAN GILI IYANG, JAWA  
TIMUR)**

**Nama Mahasiswa** : Kristina Putri  
**NRP** : 03311440000010  
**Departemen** : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc.,  
Ph.D.

**ABSTRAK**

Pemetaan batimetri merupakan kegiatan penggambaran kenampakan dasar laut. Produk dari aktivitas tersebut ialah peta batimetri yang memiliki peran diantaranya adalah menunjang keamanan navigasi dan pelayaran, serta berperan dalam manajemen dan perencanaan pembangunan wilayah pesisir. Pemetaan batimetri secara efektif dan efisien menjadi hal yang penting mengingat masih sedikitnya perairan di Indonesia yang telah terpetakan. Pada umumnya pemetaan batimetri dilakukan dengan memanfaatkan teknologi berbasis gelombang akustik untuk memperoleh informasi dasar laut, salah satunya adalah teknologi echosounder. Echosounder memiliki ketelitian maksimum dalam memberikan informasi kedalaman serta fitur dasar laut. Namun teknologi tersebut memerlukan biaya operasional yang besar serta pengolahan data yang cukup rumit. Selain itu, teknologi tersebut tidak mampu menjangkau area perairan dangkal dan pesisir.

Dalam penelitian ini, dilakukan studi mengenai pemetaan batimetri perairan dangkal (kedalaman 0 – 80 meter) dengan memanfaatkan data penginderaan jauh resolusi tinggi Pleiades-1B. Pemetaan batimetri ini memanfaatkan 4 kanal spektral yang dimiliki oleh satelit Pleiades-1B dengan menerapkan algoritma kedalaman Van Hengel & Spitzer serta rasio band. Kedalaman

absolut dari perairan dangkal diperoleh dengan membangun regresi terhadap kedalaman insitu. Regresi yang digunakan adalah *geographically weighted regression* (GWR) untuk memperoleh kedalaman pada masing-masing koordinat piksel citra. Data kedalaman hasil estimasi kemudian dilakukan validasi terhadap data insitu tanggal pengambilan 15 Oktober 2015.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa data satelit Pleiades-1B mampu memberikan informasi kedalaman 6 – 16 meter di Perairan Gili Iyang, Jawa Timur. Kedalaman tersebut diperoleh berdasarkan algoritma Van Hengel & Spitzer dan koreksi atmosfer 6SV. Adapun nilai NMAE dan RMSE yang dihasilkan adalah sebesar 27,490 % dan 2,460 meter. Sedangkan algoritma rasio band tidak mampu memberikan informasi kedalaman yang dapat dipercaya, karena menghasilkan nilai NMAE yang melebihi syarat minimum, baik dengan memanfaatkan koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV, yakni sebesar 43,790 % dan 43,890 %. Berbeda dengan algoritma Van Hengel & Spitzer, hasil rasio antara kanal biru dan hijau tidak dapat diregresikan dengan model GWR, sehingga untuk memperoleh kedalaman absolut diterapkan regresi linier. Perbedaan regresi yang digunakan dalam mengestimasi kedalaman absolut dimungkinkan mempengaruhi hasil kedalaman dari kedua algoritma yang digunakan.

**Kata Kunci :** Batimetri Perairan Dangkal, GWR, Pleiades-1B, Rasio Band, Van Hengel & Spitzer

**BATHYMETRIC MAPPING OF SHALLOW WATER  
USING PLEIADES-1B SATELLITE IMAGERY WITH  
GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION  
(CASE STUDY : GILI IYANG WATERS, JAWA TIMUR)**

**Name** : Kristina Putri  
**NRP** : 03311440000010  
**Department** : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
**Supervisor** : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc.,  
Ph.D.

**ABSTRACT**

*Bathymetric is a seafloor mapping activity. The product of this activity is a bathymetric map that contributed to many water activities, such as supporting water transportation routes safety, management and planning of coastal area development. Bathymetric mapping with effective and efficient becomes important because there were still a few waters in Indonesia that have been mapped. Generally, bathymetry mapping used a technology based accoustic wave to get the seafloor information and depth, which is echosounder. Echosounder was produced the highest accuracy of water depth and seabed features. But this technology need a high operational cost and complex data processing. Beside that, it facing the troble when access the difficult area such shallow and coastal area because of ship-access-problem.*

*In this research, proposed to studies about bathymetry mapping of shallow water (0 – 80 meters depth) used a high resolution of remote sensing data Pleiades-1B. This bathymetry mapping used 4 spectral bands of Pleiades-1B with applied Van Hengel & Spitzer and rasio band algorithm. The absolute depth of shallow water was estimated with built a regression about insitu depth to get the water depth of each pixels. Which is geographically weighted regression (GWR). The estimated depth than validated about insitu dept on October 15, 2015.*

*The result of this research was faced that Pleiades-1B satellite data can derives information depth about 6 – 16 meters in Gili Iyang waters, Jawa Timur. That depth was based on Van Hengel & Spitzer algorithm and 6SV atmospheric correction. Which NMAE and RMSE was about 27,490 % and 2,460 meters. Whereas rasio band algorithm should not give a confidence result, because it produced NMAE that exceed the minimum condition, which used FLAASH and 6SV atmospheric corrections, about 43.790 % and 43.890 %. Differ with Van Hengel & Spitzer algorithm, GWR can not applied to the result of rasio between blue and green band, so to estimated the absolute depth, linier regression was applied. The difference regression that used for estimated absolute depth was influenced the result of two depth algorithm.*

**Keywords :** *Shallow Water Bathymetry, GWR, Pleiades-1B, Rasio Band, Van Hengel & Spitzer*

**PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL  
MENGUNAKAN DATA SATELIT PLEIADES-1B  
DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*  
(STUDI KASUS : PERAIRAN GILI IYANG, JAWA  
TIMUR)**

**TUGAS AKHIR**


Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**KRISTINA PUTRI  
NRP. 03311440000010**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19801221 200312 1 001

  
(.....)



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Data Satelit Pleiades-1B dengan *Geographically Weighted Regression* (Studi Kasus : Perairan Gili Iyang, Jawa Timur)”** ini dengan baik dan lancar tanpa halangan yang berarti.

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik berkat bantuan dan dukungan secara moral maupun material dari banyak pihak. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Karno Triutomo dan Ibuk Sutiyah, beserta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran selama pelaksanaan penelitian tugas akhir berjalan.
3. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
4. Bapak Khomsin, S.T., M.T., selaku dosen wali atas segala bimbingannya selama penulis belajar di Teknik Geomatika ITS.
5. Teman-teman G16 dan S9.4 atas kerjasama dan dukungannya.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya bagi mahasiswa Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan. Wassalam.

Surabaya, 26 Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah .....	4
1.4    Tujuan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Penginderaan Jauh pada Perairan.....	5
2.2    Citra Satelit Pleiades-1B .....	6
2.3    Koreksi Radiometrik.....	9
2.3.1    Kalibrasi Radiometrik .....	10
2.3.2    Koreksi Atmosfer .....	11
2.4    Perairan Dangkal.....	13
2.5    Batimetri .....	13
2.6    Algoritma Kedalaman .....	14
2.6.1    Algoritma Van Hengel & Spitzer.....	14
2.6.2    Algoritma Rasio Band.....	15
2.7 <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> .....	17
2.8    Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dan Korelasi Lokal.....	21
2.9    Metode Interpolasi IDW ( <i>Inverse Distance Weight</i> ) ...	22

2.10	Uji Akurasi (RMSE dan NMAE).....	22
2.11	Penelitian Terdahulu .....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		25
3.1	Lokasi Penelitian.....	25
3.2	Data dan Peralatan .....	26
3.2.1	Data .....	26
3.2.2	Peralatan .....	27
3.3	Metodologi Penelitian .....	27
3.3.1	Tahap Penelitian.....	27
3.3.2	Tahap Pengolahan Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Koreksi Radiometrik Citra Pleiades-1B.....	37
4.1.1	Kalibrasi Radiometrik .....	37
4.1.2	Koreksi Atmosfer FLAASH.....	40
4.1.3	Koreksi Atmosfer 6SV .....	41
4.2	<i>Masking</i> Citra.....	43
4.3	Penerapan Algoritma Kedalaman .....	45
4.3.1	Algoritma Van Hengel & Spitzer .....	45
4.3.2	Algoritma Rasio Band .....	53
4.4	Pembentukan Model <i>Geographically Weighted Regression</i> .....	55
4.5	Hasil Estimasi Kedalaman Absolut.....	59
4.5.1	Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Van Hengel & Spitzer .....	59
4.5.2	Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band .....	62

4.6	Analisa Korelasi ( $R$ ) dan Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Lokal .....	66
4.7	Tingkat Akurasi Kedalaman Absolut Estimasi .....	67
4.8	Analisis Kesesuaian Algoritma Model .....	69
4.9	Analisis Kemampuan Pleiades-1B dalam Mengestimasi Kedalaman Perairan .....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		77
5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran .....	78
DAFTAR PUSTAKA.....		81
LAMPIRAN .....		87
BIODATA PENULIS.....		133

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Satu <i>Scene</i> Citra Satelit Pleiades-1B.....	7
Gambar 2. 2 Sensitivitas Normal Spektral dari Sensor Pleiades ...	9
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian, Perairan Gili Iyang, Sumenep, Jawa Timur (ArcGIS 2017) .....	25
Gambar 3. 2 Data Citra Satelit Pleiades-1B .....	26
Gambar 3. 3 Sebagian Data Hasil Olahan Batimetri Insitu .....	26
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir .....	28
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengolahan Data.....	31
Gambar 4. 1 Citra Pleiades-1B dalam Format <i>Digital Number</i> ..	38
Gambar 4. 2 Citra Pleiades-1B dalam Format <i>Radiance</i> .....	39
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Pikel Hasil Koreksi Atmosfer FLAASH.....	41
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Pikel Hasil Koreksi Atmosfer 6SV ...	43
Gambar 4. 5 Citra Pleiades-1B Hasil <i>Masking</i> .....	44
Gambar 4. 6 Sebaran Data Insitu Perairan Gili Iyang .....	46
Gambar 4. 7 Sebaran 60 Titik Sampel Kedalaman .....	47
Gambar 4. 8 Estimasi Kedalaman Relatif Berdasarkan Koreksi Atmosfer FLAASH.....	51
Gambar 4. 9 Estimasi Kedalaman Relatif Berdasarkan Koreksi Atmosfer 6SV .....	52
Gambar 4. 10 Persamaan Regresi Estimasi Kedalaman Absolut dengan Koreksi Atmosfer FLAASH.....	63
Gambar 4. 11 Persamaan Regresi Estimasi Kedalaman Absolut dengan Koreksi Atmosfer 6SV .....	63
Gambar 4. 12 Sebaran Bias Kedalaman Absolut .....	71
Gambar 4. 13 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 1) ....	73
Gambar 4. 14 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 2) ....	73
Gambar 4. 15 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 3) ....	74
Gambar 4. 16 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 4) ....	74
Gambar 4. 17 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 5) ....	74
Gambar 4. 18 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 6) ....	74

Gambar 4. 19 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 7).....	75
Gambar 4. 20 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 8).....	75
Gambar 4. 21 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 9).....	75



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Sensor Satelit Pleiades (ASTRIUM GEO-Information Services 2012) .....	8
Tabel 2. 2 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi (Sugiono 2007).....	22
Tabel 4. 1 Statistik Nilai Digital Number Citra Pleiades-1B .....	38
Tabel 4. 2 Statistik Nilai <i>Radiance</i> Citra Pleiades-1B .....	40
Tabel 4. 3 Koefisien Parameter Koreksi Atmosfer 6SV .....	42
Tabel 4. 4 Nilai Varian Hasil Koreksi Atmosfer FLAASH dan 6SV .....	48
Tabel 4. 5 Nilai Kovarian Hasil Koreksi Atmosfer FLAASH ....	48
Tabel 4. 6 Nilai Kovarian Hasil Koreksi Atmosfer 6SV .....	48
Tabel 4. 7 Nilai Parameter Rotasi ( $r$ dan $s$ ) Pleiades-1B.....	49
Tabel 4. 8 Kedalaman Relatif Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer FLAASH dan 6SV .....	50
Tabel 4. 9 Rasio Rrs Kanal <i>Blue</i> dan <i>Green</i> .....	53
Tabel 4. 10 Nilai <i>Bandwidth</i> Optimum Masing-masing Pengolahan .....	56
Tabel 4. 11 Estimasi Model GWR Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer FLAASH .....	57
Tabel 4. 12 Estimasi Model GWR Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer 6SV.....	58
Tabel 4. 13 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer FLAASH .....	59
Tabel 4. 14 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer 6SV.....	60
Tabel 4. 15 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band dengan Koreksi Atmosfer FLAASH.....	64
Tabel 4. 16 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band dengan Koreksi Atmosfer 6SV .....	65
Tabel 4. 17 Korelasi dan Koefisien Determinasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS .....	66

Tabel 4. 18 Akurasi Estimasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS.....	68
Tabel 4. 19 Akurasi Estimasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band .....	68
Tabel 4. 20 Statistika Bias Kedalaman.....	71

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Metadata Citra Satelit Pleiades-1B
Lampiran 2	Data Pengukuran Kedalaman Lapangan Perairan Gili Iyang
Lampiran 3	Data Kedalaman Relatif dan Absolut Estimasi Perairan Gili Iyang
Lampiran 4	Peta Batimetri Perairan Gili Iyang Berdasarkan Pleiades-1B

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki banyak pulau besar dan kecil yang tersebar di seluruh nusantara. Terdapat 16,056 pulau yang telah bernama dan berkoordinat masih bisa bertambah untuk waktu yang akan datang (BIG 2017). Hal ini menjadi suatu keuntungan sekaligus tantangan tersendiri bagi pembangunan kemaritiman di Indonesia, terlebih lagi dengan masih sedikitnya perairan di Indonesia yang telah terpetakan . Dalam menunjang terwujudnya keberhasilan pembangunan kemaritiman tersebut, diperlukan informasi-informasi yang berkaitan dengan kondisi dasar laut seperti peta kedalaman/batimetri suatu perairan. Beberapa peran peta batimetri adalah menunjang keamanan navigasi dan pelayaran, serta berperan dalam manajemen dan perencanaan pembangunan wilayah pesisir.

Teknologi yang berkaitan dengan pemetaan dasar laut terus mengalami perkembangan. Saat ini, pengukuran dan pemetaan kedalaman dilakukan menggunakan teknologi *echosounder*, *side scan sonar*, *sub bottom profiler* dan lain-lain yang memanfaatkan prinsip perambatan suara (gelombang akustik) di dalam air. *Singlebeam echosounder* maupun *multibeam echosounder* dapat menghasilkan kedalaman yang akurat untuk air yang dalam tetapi metode tersebut sulit diterapkan di perairan dangkal (Sager 1998). Selain itu, teknologi-teknologi tersebut memerlukan biaya yang besar serta pengolahan data yang rumit. Oleh karena itu, teknologi alternatif sangat dibutuhkan untuk menunjang ketersediaan informasi kedalaman secara efisien dan kontinyu, khususnya pada wilayah perairan dangkal dan area terpencil. Anjuran penggunaan teknik penginderaan jauh termasuk pengukuran LIDAR udara dan penginderaan jauh

optik untuk digunakan dalam pemetaan batimetri (Guenther, Thomas, dan LaRocque 1996).

Pengukuran kedalaman menggunakan teknologi penginderaan jauh dilakukan dengan menganalisis nilai spektral dari masing-masing kanal yang terdapat pada citra satelit dengan memanfaatkan gelombang tampak yang terbagi pada kanal biru, hijau, dan merah. Citra satelit dapat diubah menjadi sebuah informasi dasar laut yang bermanfaat dan dapat dipercaya dengan memanfaatkan beberapa algoritma matematis berdasarkan kombinasi kanal spektrum. Teknik ini disebut sebagai *Satellite-Derived Bathymetry* (SDB). SDB merupakan sebuah revolusi baru dalam bidang survei hidrografi (Said, Mahmud, dan Hasan 2017). Teknologi penginderaan jauh menjadi efektif mengingat teknologi ini memberikan informasi secara cepat dan mampu menjangkau area yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengukuran secara langsung, sehingga informasi mengenai kedalaman perairan dangkal dapat dipastikan ketersediaannya. Salah satu teknologi penginderaan jauh optis yang dapat dimanfaatkan adalah citra satelit multispektral resolusi tinggi Pleiades-1B. Pleiades-1B memiliki resolusi spasial kanal pankromatik 0,5 m dan 2 m kanal multispektral. Tingginya resolusi spasial dari Pleiades-1B memberikan peluang besar dalam menyediakan informasi dengan keakuratan dan ketelitian yang tinggi, khususnya dalam kegiatan pendugaan atau estimasi kedalaman perairan dangkal.

Teknik *Satellite-Derived Bathymetry* (SDB) menghasilkan estimasi kedalaman yang beragam, seperti kedalaman 8,867 – 12,453 meter yang dihasilkan berdasarkan pengolahan citra Landsat 8 dan 10,892 – 11,478 meter berdasarkan citra Sentinel-2 (Bobsaid dan Jaelani 2017). Sementara penelitian lain yang sejenis tidak menampilkan sensitivitas (rentang kedalaman) dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Selain dipengaruhi oleh kondisi perairan, perbedaan kemampuan citra tersebut juga

dipengaruhi oleh koreksi atmosfer dan algoritma model yang digunakan dalam proses pengolahan data. Sehingga perlu dilakukan penelitian menggunakan citra satelit Pleiades-1B untuk mengetahui kemampuan minimum dan maksimum data optis dalam mengestimasi kedalaman perairan dangkal.

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan dan pemetaan kedalaman perairan Gili Iyang, Jawa Timur menggunakan citra satelit resolusi tinggi Pleiades-1B dengan membangun regresi yang terboboti secara geografis (*geographically weighted regression*). Regresi tersebut dibangun untuk mendapatkan informasi kedalaman pada masing-masing piksel pada citra Pleiades-1B. Sekaligus mengkaji keakuratan kedalaman yang dihasilkan oleh data Pleiades-1B terhadap data in situ dalam pemetaan batimetri perairan Gili Iyang. Dalam penelitian ini diterapkan dua algoritma model ekstraksi kedalaman, yakni algoritma Van Hengel & Spitzer dan rasio band terhadap kanal multispektral pada Pleiades-1B. Penerapan dua algoritma model estimasi kedalaman dimaksudkan untuk menganalisis kesesuaian algoritma dalam mengestimasi kedalaman suatu perairan menggunakan data satelit Pleiades-1B.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

- a. Bagaimana kedalaman perairan Gili Iyang berdasarkan hasil pengolahan citra satelit Pleiades-1B dengan *geographically weighted regression (GWR)*
- b. Bagaimana kesesuaian algoritma model dalam mengestimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data Pleiades-1B
- c. Bagaimana akurasi kedalaman perairan dangkal berdasarkan hasil pengolahan citra satelit Pleiades-1B terhadap data in situ

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

- a. Daerah penelitian merupakan perairan Gili Iyang, Sumenep, Jawa Timur.
- b. Data yang digunakan adalah citra satelit Pleiades-1B tanggal akuisisi 06 Oktober 2015 dan data batimetri perairan Gili Iyang hasil pengukuran lapangan pada bulan Oktober 2015.
- c. Koreksi atmosfer dilakukan dengan menerapkan model 6SV dan FLAASH. Sedangkan algoritma kedalaman yang digunakan adalah algoritma Van Hengel & Spitzer dan algoritma rasio band.
- d. Model regresi yang digunakan adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR).
- e. Hasil penelitian adalah peta batimetri perairan Gili Iyang berdasarkan pengolahan data Pleiades-1B pada ketinggian sesaat. Serta hanya berlaku untuk perairan Gili Iyang dan perairan lain yang memiliki karakteristik dan kondisi lingkungan yang sama atau mendekati kondisi perairan Gili Iyang.

### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

- a. Membuat peta informasi kedalaman perairan Gili Iyang berdasarkan data satelit Pleiades-1B.
- b. Menganalisis kesesuaian algoritma model dalam mengestimasi kedalaman perairan menggunakan Pleiades-1B.
- c. Menganalisis tingkat akurasi kedalaman perairan yang dihasilkan citra satelit Pleiades-1B terhadap data insitu.
- d. Menganalisis rentang kedalaman perairan minimum dan maksimum yang dihasilkan berdasarkan citra Pleiades-1B.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini, dikemukakan beberapa teori yang diambil dari literatur-literatur yang mendukung dan bermanfaat dalam pelaksanaan penelitian. Teori tersebut dijelaskan pada uraian berikut :

#### **2.1 Penginderaan Jauh pada Perairan**

Cahaya matahari yang masuk ke tubuh air intensitasnya senantiasa berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya kedalaman (Jerlov 1976) yang dikenal dengan nama atenuasi atau pelemahan cahaya. Atenuasi dapat mempengaruhi sinyal gelombang elektromagnetik yang diterima oleh sensor satelit akibat proses pengubahan tenaga elektromagnetik ke dalam bentuk energi lain oleh beberapa elemen yang berada di perairan. Pada perairan, terdapat dua perlakuan air terhadap panjang gelombang yang diterima, yaitu proses serapan (absorbsi) dan hamburan pada kolom air. Kedua proses tersebut menyebabkan perbedaan besar atenuasi terhadap panjang gelombang. Spektrum tampak warna merah akan mengalami atenuasi yang lebih cepat dibandingkan dengan spektrum tampak warna hijau dan biru.

Karakteristik spektral obyek perairan yang terekam oleh sensor satelit berasal dari pantulan sinar air oleh tubuh air itu sendiri, pantulan oleh permukaan perairan, kedalaman perairan dan pantulan dari dasar perairan. Respon spektral yang diterima oleh sensor satelit dipengaruhi oleh elemen dan kandungan perairan yang terbagi menjadi dua kategori, yaitu jernih dan keruh. Sedangkan perairan keruh yang memiliki muatan tersuspensi, puncak pantulan bergeser pada panjang gelombang yang lebih tinggi (Campbell dalam Nurkhayati dan Khakhim 2013). Ketika cahaya menembus kolom perairan, komponen fisik perairan menjadi melemah dan menghasilkan gambar dari area perairan dangkal yang terlihat

lebih terang dan realistis daripada area perairan dalam yang terlihat gelap dan terganggu (Su, Liu, dan Heyman 2008).

Aplikasi teknologi penginderaan jauh di wilayah pesisir dan laut saat ini merupakan salah satu elemen kunci yang digunakan baik untuk keperluan penelitian maupun pengelolaan sumber daya dan lingkungan (Friendlander, Brown, dan Monaco 2007). Diantara aplikasi penginderaan jauh di wilayah perairan adalah untuk memetakan batimetri suatu perairan dangkal karena kemampuan citra satelit untuk mendeteksi kolom air (Subarno, Siregar, dan Agus 2015).

Sistem penginderaan jauh pasif hanya mampu mengestimasi kedalaman perairan dangkal kurang lebih sampai kedalaman 30 m (Lyzenga 1978). Pada beberapa tempat bahkan hanya mampu mengestimasi kedalaman kurang dari 30 m, di perairan Hamelin Pool, Shark Bay, Australia Barat hanya mampu mengestimasi kedalaman hingga 11 m (Bierwirth, Lee, dan Burne 1993). Dan (Stumpf, Holderied, dan Sinclair 2003) mampu mengestimasi kedalaman pada perairan yang sedikit keruh sampai dengan kedalaman 25 meter.

## 2.2 Citra Satelit Pleiades-1B

Satelit Pleiades-1B merupakan satelit resolusi tinggi yang dibangun oleh *AIRBUS Defence & Space* dan berhasil diluncurkan pada 02 Desember 2012 di *European Space Centre*, Perancis. Satelit Pleiades-1A dan 1B terpisah sejauh 180° pada orbit *near-polar sun-synchronous* yang sama pada ketinggian 694 km. Kedua satelit yang beroperasi memungkinkan untuk visitasi harian di banyak lokasi yang membuatnya ideal untuk aktivitas pemetaan area dengan skala besar, termasuk pekerjaan teknik dan konstruksi, monitoring pertambangan, kepentingan industri dan militer, zona konflik dan bencana, bencana alam, evakuasi serta misi penyelamatan (Satellite Imaging Corporation 2012). Adapun kedua satelit Pleiades menyediakan data dengan produk Ortho sebagai standart. Contoh tampilan citra satelit Pleiades-1B dapat



Pleiades-1B memiliki resolusi spasial 50 cm untuk kanal pankromatik dan 2 meter untuk kanal multispektral. Kanal multispektral Pleiades-1B terdiri atas empat (4) kanal dengan panjang gelombang 430 – 950 nm. Karakteristik sensor satelit Pleiades ditampilkan pada Tabel 2. 1.

Tabel 2. 1 Karakteristik Sensor Satelit Pleiades (ASTRIUM GEO-Information Services 2012)

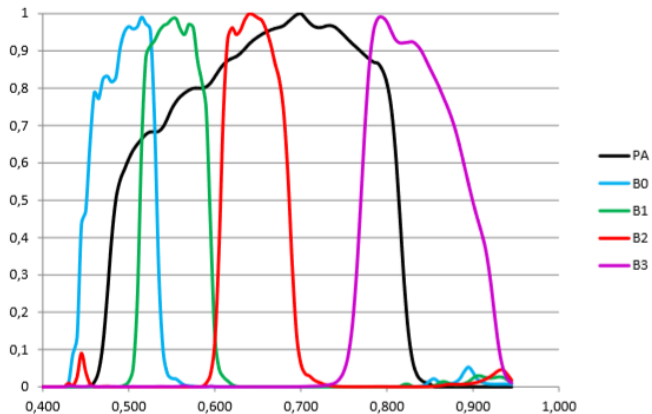
<b>Jumlah Satelit</b>	2 – Pleiades 1A dan Pleiades 1B
<b>Tanggal Peluncuran</b>	Pleiades 1A : 16 Desember 2012 Pleiades 1B : 02 Desember 2012
<b>Ketinggian</b>	694 km
<b>Tipe</b>	<i>Sun-synchronous, 10:30 AM descending node</i>
<b>Periode</b>	98,79 menit
<b>Inklinasi</b>	98,2°
<b>Kanal Spektral</b>	Pankromatik : 470 – 830 nm B0 - <i>Blue</i> : 430 – 550 nm B1 - <i>Green</i> : 500 – 620 nm B2 - <i>Red</i> : 590 – 710 nm B3 - <i>NIR</i> : 740 – 940 nm
<b>Resolusi Produk</b>	Pankromatik : 0,5 m Multispektral 2,0 m
<b>Viewing Angle</b>	Standar : +/- 30° Maksimum : +/- 47°
<b>Dynamic Range at Acquisition</b>	12 bit per piksel

Produk citra satelit Pleiades terdiri atas dua level prosesing yang berbeda, *Primary* dan *Ortho* (ASTRIUM GEO-Information Services 2012). Kedua level produk tersebut dijelaskan dalam uraian berikut :

- a. *Primary Product*, merupakan level prosesing yang paling dekat dengan citra natural yang diperoleh dari sensor. Produk ini optimal digunakan untuk dilakukan pemrosesan manual seperti orthorektifikasi atau modeling 3D.
- b. *Standard Ortho*, merupakan produk citra yang telah tergeoreferensi terhadap geometri bumi, terkoreksi dari efek akuisisi dan *terrain off-nadir (viewing angle and ground effects)*.

- c. *Tailored Ortho*, ketika dibutuhkan spesifikasi yang berbeda, *Astrium GEO-Information Services* dapat menyediakan data sesuai dengan permintaan, seperti *custom orthorectification* dan pembuatan citra mosaik.

Setiap sensor adalah sensitif terhadap semua panjang gelombang pada spektrum elektromagnetik. Untuk masing-masing kanal, sensor memiliki kurva respon karakteristik (*characteristic response curve*) sebagai fungsi dari panjang gelombang. Sensitivitas normal spektral dari sensor Pleiades direpresentasikan pada Gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Sensitivitas Normal Spektral dari Sensor Pleiades

### 2.3 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data satelit sebelum dilakukan suatu proses analisis. Koreksi radiometrik diperlukan atas dua alasan, yakni untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Danoedoro 2012). Koreksi radiometrik (*radiometric correction*) dikelompokkan menjadi dua, a) kalibrasi radiometrik (*radiometric*

*calibration*) dan b) koreksi atmosferik (*atmospheric correction*). Kalibrasi dan koreksi radiometrik relatif diperlukan karena sebuah *scene* yang seragam tidak membuat gambar yang seragam dalam hal *digital number* (DN). Proses ini menjadi hal yang wajib pada pengolahan citra satelit multispektral. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi pengaruh kesalahan atau inkonsistensi dalam nilai-nilai kecerahan citra yang dapat mempengaruhi hasil.

### 2.3.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik dilakukan dengan mengubah atau mengkonversi nilai *digital number* (DN) menjadi nilai radian atau reflektan sensor.

#### a. Konversi DN Menjadi Radian TOA (*Top of Atmosphere*)

Radian TOA  $L_{(\lambda)}$  ( $\text{W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ ) diperoleh dengan mengaplikasikan koefisien kalibrasi radiometrik GAIN dan BIAS pada *digital number* (DN) atau *digital count* / DC (ASTRIUM GEO-Information Services 2012).

$$L_{(\lambda)} = \frac{DC}{GAIN} + BIAS \quad (2.1)$$

Koefisien kalibrasi radiometrik absolut diperbarui secara periodik, untuk Pleiades dilakukan sebanyak 4 kali per tahun.

#### b. Konversi Radian TOA Menjadi Reflektan TOA

Reflektan spektral *Top of Atmosphere* (TOA) merupakan rasio dari radian TOA terhadap *incoming solar irradiance*.

$$\rho_{(\lambda)} = \frac{\pi \cdot L_{(\lambda)}}{E_0 \cdot \cos(\theta_s)} \quad (2.2)$$

### 2.3.2 Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer merupakan langkah pertama yang sangat penting untuk melakukan penginderaan jauh pada *water-colour*. Koreksi atmosfer bertujuan untuk mengoreksi efek dari atmosfer yang ada pada data citra yang terukur oleh sensor yang mana akan mempengaruhi akurasi data citra satelit (Jaelani 2013).

Atmosfer mampu mempengaruhi proses penerimaan gelombang elektromagnetik dari matahari ke objek serta pantulan dari objek ke sensor satelit sehingga menyebabkan distorsi pada citra yang direkam, hal ini menyebabkan informasi dari objek yang direkam berbeda dengan objek sebenarnya di permukaan bumi.

Pengaruh atmosfer (*noise*) secara umum disebabkan oleh (Jaelani 2016):

- a. Molekul, disebut dengan *rayleigh scattering*
- b. Partikel, disebut sebagai *mie scattering* atau *aerosol scattering*

Metode koreksi atmosfer terdiri atas tiga metode, yaitu transfer radiatif, koreksi relatif berdasarkan karakteristik citra dan regresi linier permukaan. Menurut Jiaojun dkk (dalam Fibriawati 2016), diantara tiga metode tersebut, model transfer radiatif lebih banyak digunakan pada citra satelit dengan ketelitian perhitungan reflektifitas yang lebih tinggi. Metode ini mengambil kondisi atmosfer yang meliputi interaksi dengan gas dan partikel di atmosfer, interaksi dengan permukaan bumi dan perbedaan arah transmisi melewati atmosfer kembali ke sensor. Metode 6S (*Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum*) dan MODTRAN (*Moderate Spectral Resolution Atmospheric Transmittance Algorithm and Computer Model*) merupakan metode koreksi atmosfer yang menggunakan algoritma transfer radiatif.

a. Metode FLAASH

Danoedoro (2012) menjelaskan bahwa program FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercuber*) mengoreksi citra dengan menekan atau menghilangkan efek uap air, oksigen, karbondioksida, metana, ozon dan hamburan molekular maupun aerosol berdasarkan kode transfer radiasi MODTRAN-4. Koreksi FLAASH ini diterapkan pada setiap piksel. FLAASH dapat mengoreksi cahaya tampak, NIR dan ASWIR sampai panjang gelombang 3  $\mu\text{m}$ . FLAASH dapat menghilangkan pengaruh gangguan atmosfer dengan memperoleh parameter yang lebih akurat dari reflektivitas, emisivitas, suhu permukaan dan fisik permukaan. Berdasarkan penelitian Kaufman, FLAASH mempunyai metode pengambilan nilai aerosol dan rata-rata jarak pandang menggunakan rasio reflektansi piksel gelap (ENVI 2009).

b. Metode 6SV

Prinsip utama dari koreksi atmosfer 6SV (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum Vector*) yaitu dengan memasukkan beberapa parameter mengenai akuisisi citra, model aerosol, dan *visibility* pada daerah penelitian untuk mendapatkan koefisien parameter  $Xa$ ,  $Xb$ , dan  $Xc$  (Vermote dkk. 1997). Persamaan metode 6SV sebagai berikut :

$$y_{\lambda} = xa_{\lambda} \cdot L_{\lambda} - xb_{\lambda} \quad (2.3)$$

$$acr_{\lambda} = \frac{y_{\lambda}}{(1 + xc_{\lambda} \cdot y_{\lambda})} \quad (2.4)$$

Dimana  $acr$  (*Atmospheric Corrected Reflectance*) adalah reflektan permukaan yang telah terkoreksi



atmosfer,  $L_\lambda$  adalah nilai radian ToA, dan  $x_a$ ,  $x_b$ ,  $x_c$  adalah koefisien parameter koreksi atmosfer. Parameter koreksi diperoleh dengan menjalankan perangkat lunak 6SV berbasis web <http://6s.ltdri.org/>. Untuk mendapatkan nilai *Reflectance Remote Sensing* ( $Rrs_{(\lambda)}$ ), hasil dari reflektan permukaan tersebut dibagi dengan faktor pembagi  $\pi$  ( $\phi$ ).

## 2.4 Perairan Dangkal

Perairan laut dangkal secara oseanografi dapat didefinisikan sebagai wilayah perairan yang mempunyai kedalaman sedemikian rupa sehingga gelombang permukaan jelas terpengaruh oleh topografi dasar lautnya (Katoppo 2000). Perairan laut dangkal merupakan wilayah perairan yang dekat dan berbatasan dengan daratan berada pada *zone neritik pelagic*. Perairan ini berada di pinggiran daratan utama, lautan sangat dangkal menutupi bawah air benua yang disebut paparan benua yang mencakup 7 sampai 8 persen seluruh luas lautan, mempunyai kemiringan sangat landai dari pantai sampai kedalaman 200 m (Nybakken 1992), dengan pengecualian jika perairan tersebut adalah *clear water* atau perairan jernih.

Dalam lingkup penginderaan jauh, yang dimaksud dengan perairan laut dangkal merupakan wilayah laut dari batas pantai sampai dengan kedalaman tertentu yang merujuk pada kemampuan energi matahari dalam menembus kolom perairan (Setyawan 2015). Menurut Guntur dan Wawan (2012), pemetaan perairan dangkal dilakukan sampai batas kedalaman yang dapat dideteksi oleh sensor satelit.

## 2.5 Batimetri

Batimetri diartikan sebagai suatu teknik yang menggambarkan kedalaman laut atau profil dasar laut dari hasil analisis data kedalaman (Badan Standardisasi Nasional 2010). Batimetri merupakan kegiatan pengumpulan data

kedalaman dasar laut dengan metode penginderaan atau rekaman dari permukaan dasar perairan, yang akan diolah untuk menghasilkan relief dasar perairan, sehingga dapat digambarkan susunan dari garis-garis kedalaman (kontur). Pemetaan kondisi dasar perairan tersebut dikonversikan dalam keadaan surut terendah atau LWS (*Low Water Surface*).

Unsur utama pembuatan batimetri adalah pengukuran jarak dan kedalaman. Peralatan yang digunakan untuk mengukur jarak antara lain *Theodolith*, *Electronic Distance Measurement* (EDM), atau *Global Positioning System* (GPS). Sedangkan pengukuran kedalaman dilakukan dengan menggunakan *echosounder*. Pengukuran kedalaman dapat dilakukan dengan beberapa cara yang dikelompokkan menurut 3 metode sebagai berikut :

- a. Metode mekanik / pengukuran kedalaman secara langsung
- b. Metode optik, metode ini memanfaatkan transmisi sinar laser dari pesawat terbang dan prinsip-prinsip optik untuk mengukur kedalaman.
- c. Metode akustik, metode ini menggunakan gelombang akustik yang dipancarkan dan diterima kembali oleh *transducer* (Poerbandono dan Djunarsjah 2005).

## 2.6 Algoritma Kedalaman

### 2.6.1 Algoritma Van Hengel & Spitzer

Algoritma Van Hengel dan Spitzer (1991) adalah pengembangan algoritma yang sebelumnya dikenalkan oleh Lyzenga (1981). Algoritma Van Hengel & Spitzer merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif perairan dangkal. Kedalaman air berbanding lurus dengan algoritma radiasi dan nilai kedalaman air relatif (data digital) yang dapat diperoleh dengan melakukan transformasi khusus terhadap nilai radiasi masing-

masing band (Hengel dan Spitzer 1991). Algoritma ini didefinisikan dalam formula sebagai berikut :

$$Y1 = [\cos(r) \cdot \sin(s) \cdot X2] + [\sin(r) \cdot \cos(s) \cdot X3] + [\sin(s) \cdot X4] \quad (2.5)$$

$$r = \arctan (Ur + \sqrt{Ur^2 + 1}) \quad (2.6)$$

$$s = \arctan (Us + \sqrt{Us^2 + 1}) \quad (2.7)$$

$$Ur = \frac{Var\ x3 + Var\ x2}{2\ Cov\ x2x3} \quad (2.8)$$

$$Us = \frac{Var\ x4 + Var\ x2}{2\ Cov\ x2x4} \quad (2.9)$$

Dimana

Y1	= kedalaman relatif (indeks kedalaman)
r dan s	= parameter rotasi (sudut rotasi)
X <sub>i</sub>	= reflektan spektral dari <i>band</i> i
Var x <sub>i</sub>	= nilai varian dari <i>band</i> spektral i
Cov x <sub>i</sub> x <sub>j</sub>	= nilai kovarian dari <i>band</i> i dan <i>band</i> j

Hasil pengolahan citra menggunakan algoritma VHS untuk satu kombinasi citra masukan akan menghasilkan citra baru yang dinyatakan dalam Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, dan Y<sub>3</sub>. Citra Y<sub>1</sub> merupakan citra yang nilai pikselnya menunjukkan nilai kedalaman relatif, sedangkan citra Y<sub>2</sub> dan Y<sub>3</sub> hanya merupakan hasil sampingan dari pengolahan dan belum diketahui informasi apa yang terkandung di dalam nilai pikselnya (Hengel dan Spitzer 1991).

### 2.6.2 Algoritma Rasio Band

Rasio band merupakan salah satu algoritma untuk mengestimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan citra satelit yang dikembangkan oleh Stumpf, Holderied, dan Sinclair (2003). Algoritma rasio band dikembangkan dengan memanfaatkan rasio 2 buah band untuk menghasilkan nilai kedalaman perairan. Pengembangan

algoritma menggunakan rasio band tersebut dilakukan karena adanya perbedaan respon spektral kolom air dan dasar perairan terhadap gelombang elektromagnetik (GEM) pada panjang gelombang yang berbeda (Stumpf, Holderied, dan Sinclair 2003).

Jenis dan jumlah material dalam kolom air berperan penting dalam penyerapan dan pemantulan GEM yang mencapai dasar perairan dangkal. Selain itu, jenis substrat pada dasar perairan dangkal turut andil dalam proses penyerapan dan pemantulan GEM. Penggunaan rasio band untuk menduga kedalaman diharapkan memberikan hasil dugaan kedalaman yang lebih akurat karena sifat perairan yang memberikan respon berbeda terhadap penetrasi GEM di dalam kolom air. Secara umum, kemampuan penetrasi GEM pada panjang gelombang lebih panjang lebih rendah seiring bertambahnya kedalaman dibandingkan pada panjang gelombang yang lebih pendek, hal ini akan menghasilkan nilai rasio antara reflektansi pada band-band yang dirasiokan akan semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman (Subarno, Siregar, dan Agus 2015). Prinsip dari metode ini adalah cahaya melemah melalui interaksi dengan kolom air, dan cahaya yang menembus kedalaman air tergantung pada panjang gelombang tersebut. Panjang gelombang yang lebih pendek akan menembus perairan lebih dalam dibandingkan dengan panjang gelombang yang lebih panjang.

Estimasi kedalaman perairan dengan menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Stumpf, Holderied, dan Sinclair (2003) ditulis dengan persamaan (2. 10) sebagai berikut :

$$Z = m_1 \frac{\ln nR_w(\lambda_i)}{\ln nR_w(\lambda_j)} - m_0 \quad (2. 10)$$

Dimana

$Z$	= kedalaman estimasi
$m_1$	= koefisien kalibrasi masing-masing band
$R_{w(\lambda)}$	= nilai reflektan piksel pada setiap band
$m_0$	= faktor koreksi untuk kedalaman 0
$n$	= konstanta untuk menjaga rasio tetap positif

Persamaan tersebut dapat ditulis berdasarkan persamaan regresi linier menjadi :

$$Y = aX + b \quad (2.11)$$

Dimana nilai *slope* ( $a$ ) mewakili koefisien  $m_1$ , nilai *intercept* ( $b$ ) mewakili koefisien  $m_0$ , dan nilai  $X$  mewakili hasil rasio nilai reflektan pada kanal yang digunakan.

Koefisien  $m_0$  dan  $m_1$  masing-masing diperoleh dari hasil regresi rasio band terhadap kedalaman lapangan. Perhitungan nilai rasio band dilakukan dengan menjadikan band dengan panjang gelombang lebih pendek sebagai pembilang dan band dengan panjang gelombang lebih panjang sebagai penyebut (Stumpf, Holderied, dan Sinclair 2003).

## 2.7 Geographically Weighted Regression (GWR)

GWR (*Geographically Weighted Regression*) merupakan sebuah metode pengembangan dari regresi global dan bertujuan untuk menganalisis data apabila terjadi heterogenitas spasial. GWR mengasumsikan bahwa hubungan antara dua variabel mungkin berbeda dari lokasi satu ke lokasi lainnya (Fotheringham, Charlton, dan Brundson 2002). Metode GWR dapat digunakan untuk membentuk analisis regresi namun bersifat lokal untuk setiap wilayah pengamatan satu dengan wilayah pengamatan yang lain. Dengan kata lain, model GWR memiliki parameter-parameter yang dihitung pada setiap lokasi pengamatan, sehingga setiap lokasi pengamatan mempunyai nilai parameter regresi masing-

masing. Hal ini menghasilkan variasi pada nilai parameter regresi di suatu kumpulan wilayah geografis. Jika nilai parameter regresi konstan pada tiap-tiap wilayah geografis, maka model GWR adalah model global yang artinya tiap-tiap wilayah geografis mempunyai model yang sama (Lestari 2013). Variabel respon  $y$  dalam model GWR diprediksi dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati.

Model regresi linier sederhana tersebut ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$y_i = \beta_0 + \sum_k \beta_{ik} x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.12)$$

GWR merupakan teknik sederhana yang mengembangkan kerangka regresi tradisional (2.12) yang dituliskan dalam persamaan Fotheringham, Charlton, dan Brunson (1998) sebagai berikut :

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.13)$$

Dimana

- |                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| $y_i$               | = | variabel terikat dari titik observasi ke- $i$ ( $i = 1, 2, \dots, n$ )                                |
| $(u_i, v_i)$        | = | menyatakan koordinat letak geografis ( <i>latitude, longitude</i> ) dari lokasi pengamatan ke- $i$    |
| $\beta_0(u_i, v_i)$ | = | Konstanta / <i>intercept</i> GWR  |
| $\beta_k(u_i, v_i)$ | = | koefisien regresi variabel prediktor ke- $k$ pada lokasi pengamatan ke- $i$ ; $k = 0, 1, 2, \dots, n$ |
| $x_{ik}$            | = | nilai observasi variabel prediktor ke- $k$ pada lokasi pengamatan ke- $i$                             |

$\varepsilon_i$  = eror pengamatan ke- $i$  yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan varian konstan  $\sigma^2$

Persamaan (2. 13) tersebut jika diubah ke dalam bentuk matriks menjadi :

$$y = X\beta(u_i, v_i) + \varepsilon \quad (2. 14)$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{pmatrix},$$

$$\beta(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_n(u_i, v_i) \end{bmatrix}, \text{ dan } \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Estimasi parameter model / koefisien regresi GWR dilakukan dengan metode *Weighted Least Squares* (WLS) yaitu metode kuadrat terkecil dengan memberikan pembobot yang berbeda pada setiap titik lokasi pengamatan. Pembobot tersebut berupa matriks diagonal dimana elemen-elemen diagonalnya merupakan sebuah fungsi pembobot dari titik lokasi pengamatan. Misalkan matriks pembobot pada titik lokasi pengamatan ke- $i$  adalah  $W(u_i, v_i)$ , maka dinyatakan dalam Persamaan (2. 15) berikut.

$$W(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{in} \end{bmatrix} \quad (2. 15)$$

$W(u_i, v_i)$  merupakan matriks diagonal ( $n \times n$ ) dengan setiap elemen diagonalnya adalah pembobot untuk masing-masing titik lokasi pengamatan ( $u_i, v_i$ ) atau  $w_{ij}$ . Fungsi dari

matriks pembobot adalah untuk menentukan atau menaksir parameter yang berbeda pada setiap titik lokasi pengamatan.

Pemberian bobot sesuai dengan Hukum I Tobler : *“Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things* / Segala sesuatu saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang dekat lebih mempunyai pengaruh daripada sesuatu yang jauh” (Miller 2004). Sehingga pada model GWR diasumsikan bahwa daerah yang dekat dengan lokasi pengamatan ke- $i$  mempunyai pengaruh yang besar terhadap estimasi parameternya daripada daerah yang lebih jauh. Estimasi parameter model ditunjukkan pada (Persamaan 2. 16) :

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = [X^T W(u_i, v_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (2. 16)$$

Skema pembobotan pada GWR dapat menggunakan beberapa metode, metode pembobotan yang biasa digunakan adalah Kernel Gaussian. Pembobot dengan fungsi Kernel Gaussian adalah (Persamaan 2. 17) :

$$w_{ij} = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right] \quad (2. 17)$$

Dengan  $b$  adalah *bandwidth* atau jarak terdekat antara daerah ke- $i$  dengan beberapa daerah tetangga terdekat, nilai *bandwidth* yang sangat kecil akan menyebabkan varians menjadi semakin besar karena semakin bergantung pada titik lokasi pengamatan lain yang memiliki jarak terdekat dengan lokasi pengamatan ke- $i$ , sebaliknya nilai *bandwidth* yang besar dapat menimbulkan bias yang semakin besar. Sedangkan  $d_{ij}$  merupakan jarak *Euclidean* antara titik lokasi pengamatan ke- $i$  dengan titik lokasi pengamatan ke- $j$ ,  $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$  (Fotheringham, Charlton, dan Brundson 2002) . Nilai *bandwidth* diperoleh dengan pendekatan *least*



*square* yaitu dengan menggunakan kriteria *cross-validation*  $CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\#i}(b)]^2$ ,  $\hat{y}_{\#i}(b)$  adalah nilai penaksir  $y_i$ , dimana pengamatan di titik lokasi pengamatan ke- $i$  dihilangkan dari proses penaksiran. Nilai *bandwidth* optimum diperoleh ketika CV minimum (Fotheringham, Charlton, dan Brundson 2002).

## 2.8 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dan Korelasi Lokal

Dalam model regresi global yaitu model regresi linier klasik, koefisien determinasi ( $R^2$ ) digunakan untuk mengukur proporsi dari variasi dalam data pengamatan yang dapat dijelaskan oleh model. Sedangkan dalam GWR, koefisien determinasi lokal ( $R_i^2$ ) ditentukan untuk menentukan baik tidaknya sebuah model pada suatu titik lokasi pengamatan.  $R_i^2$  dapat ditentukan dengan menggunakan (Persamaan 2. 18).

$$R_i^2 = \frac{JK(T)_{GWR} - JK(S)_{GWR}}{JK(T)_{GWR}} \quad (2. 18)$$

Dengan  $JK(T)_{GWR}$  adalah jumlah kuadrat total model GWR yang dinyatakan dalam (Persamaan 2. 19) berikut :

$$JK(T)_{GWR} = \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_j - \bar{Y})^2 \quad (2. 19)$$

Dan  $JK(S)_{GWR}$  adalah jumlah kuadrat residual model GWR yang dinyatakan dalam (Persamaan 2. 20) berikut :

$$JK(S)_{GWR} = \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_j - \hat{Y})^2 \quad (2. 20)$$

Sedangkan  $w_{ij}$  adalah pembobot pada titik lokasi pengamatan ke- $j$  dari titik lokasi pengamatan ke- $i$ , dengan  $i, j = 1, 2, \dots, n$  (Fotheringham, Charlton, dan Brundson 2002).

Berbeda dengan  $R^2$ , analisis korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan asosiasi (hubungan) antara dua variabel.

Sugiono memberikan klasifikasi interpretasi koefisien korelasi sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2. 2 berikut :

Tabel 2. 2 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi (Sugiono 2007)

<b>Kategori</b>	<b>Rentang Koefisien Korelasi</b>
Sangat Rendah	0,000 – 0,199
Rendah	0,200 – 0,399
Sedang	0,400 – 0,599
Kuat	0,600 – 0,799
Sangat Kuat	0,800 – 1,000

Jika koefisien korelasi dikuadratkan akan menjadi koefisien determinasi ( $R^2$ ), yang artinya penyebab perubahan pada variabel Y yang datang dari variabel X, sebesar kuadrat koefisien korelasinya.

## 2.9 Metode Interpolasi IDW (*Inverse Distance Weight*)

Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya (NCGIA 2007). Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Metode IDW memberikan hasil interpolasi yang lebih akurat dari metode *Kriging*. Hal ini dikarenakan dengan metode IDW memberikan nilai mendekati nilai minimum dan maksimum dari sampel data (Pramono 2008).

## 2.10 Uji Akurasi (RMSE dan NMAE)

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi suatu data hasil pengolahan terhadap data lapangan. Metode uji akurasi yang digunakan diantaranya adalah RMSE (*Root Mean Square Error*) dan NMAE (*Normalized Mean Absolut Error*). RMSE digunakan untuk mengumpulkan seberapa eror atau kesalahan data model yang digunakan, dalam hal ini

adalah data hasil pengolahan. Sedangkan NMAE merupakan indikator uji yang paling penting, karena NMAE ditujukan untuk pengamatan pada daerah kajian yang berbeda atau beragam. Semakin kecil nilai NMAE maka semakin akurat nilai estimasi terhadap nilai ukuran (hasil pengukuran lapangan). Syarat minimum nilai NMAE suatu data agar bisa digunakan untuk mengekstrak data kualitas air dari data penginderaan jauh adalah dibawah 30 % (Jaelani, Setiawan, dan Matsushita 2015).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{esti,i} - X_{meas,i})^2}{N}} \quad (2.21)$$

$$NMAE (\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{esti,i} - X_{meas,i}}{X_{meas,i}} \right| \times 100 \quad (2.22)$$

Dimana

$X_{esti,i}$	= nilai estimasi data ke- $i$
$X_{meas,i}$	= nilai pengukuran data ke- $i$
$N$	= jumlah data

### 2.11 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai pemetaan batimetri perairan dangkal dengan memanfaatkan data penginderaan jauh, baik menggunakan citra resolusi menengah maupun resolusi tinggi. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Jagalingam, Akshaya, dan Hegde (2015) dengan judul *Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery*. Penelitian ini dilakukan di pesisir barat daya India dengan memanfaatkan algoritma band rasio dalam mengestimasi kedalaman. Penelitian tersebut menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,8781, RMSE 0,001708 dan MAE 0,001415 dengan informasi kedalaman yang didapat mencapai 20 m.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Subarno, Siregar, dan Agus (2015) dengan memanfaatkan citra resolusi tinggi

WorldView-2 untuk mengestimasi kedalaman perairan, dengan judul Evaluasi Citra WorldView-2 untuk Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Pulau Kelapa-Harapan Menggunakan Algoritma Rasio Band. Dalam penelitian tersebut, dilakukan 6 kombinasi band untuk menghasilkan kombinasi band terbaik dalam pendugaan kedalaman. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Subarno tersebut, diperoleh kesimpulan : 1) Dari 6 kombinasi band yang digunakan untuk mengestimasi kedalaman pada perairan dangkal Pulau Kelapa-Harapan, kombinasi band terbaik dengan nilai RMSE terkecil adalah rasio antara band 1 dan band 3. 2) Kedalaman maksimum yang dapat diestimasi dengan baik oleh citra WorldView-2 menggunakan algoritma rasio band adalah 13 m. 3) Selisih antara kedalaman hasil perhitungan dengan kedalaman lapangan kemungkinan dapat diperkecil dengan memisahkan proses estimasi kedalaman berdasarkan jenis substrat dasar.

Pada tahun 2017, Bobsaid dan Jaelani melakukan penelitian dengan judul Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel 2-A. Penelitian tersebut berlokasi di perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang dengan memanfaatkan algoritma Van Hengel & Spitzer. Kesimpulan yang dihasilkan berdasarkan penelitian tersebut sebagai berikut : 1) Citra Landsat 8 memiliki rentang estimasi kedalaman absolut yang lebih baik dibandingkan dengan hasil yang didapat dari citra Sentinel-2, kedua citra tidak berhasil mengestimasi kedalaman absolut lebih dari 13 meter. 2) Nilai korelasi antara nilai kedalaman yang didapat menggunakan citra Landsat 8 dan Sentinel-2A terhadap data in situ termasuk rendah yaitu 0,102 (Landsat 8) dan 0,008 (Sentinel-2A). Hasil validasi estimasi kedalaman menggunakan Landsat 8 menunjukkan nilai NMAE yang lebih baik dibandingkan dengan citra Sentinel-2A (25,777 % dan 26,887 %).

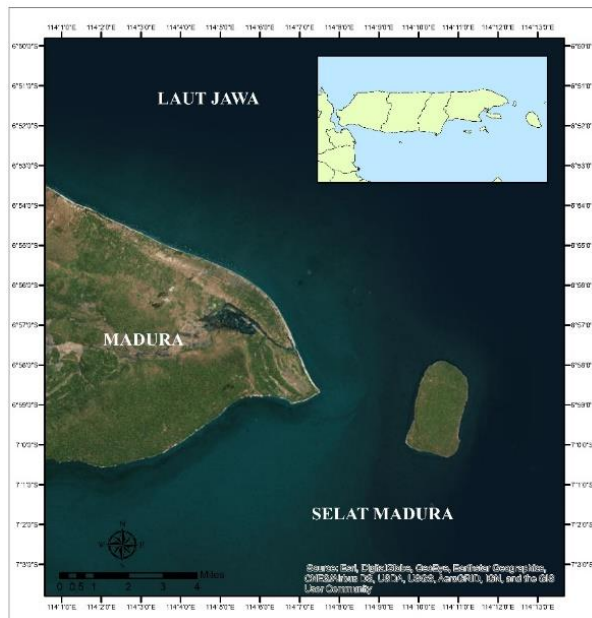
### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Pelaksanaan penelitian berlangsung sesuai dengan tata cara dan tahapan-tahapan sebagaimana dijelaskan pada uraian berikut :

### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi yang menjadi objek penelitian tugas akhir ini adalah daerah perairan Gili Iyang yang terletak antara 114,16° BT dan 6,960° LS sampai 114,190° BT dan 7,010° LS. Perairan Gili Iyang berada pada zona 50S yang secara administratif berada di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian, Perairan Gili Iyang, Sumenep, Jawa Timur (ArcGIS 2017)

### 3.2 Data dan Peralatan

Penelitian tugas akhir ini menggunakan data dan peralatan yang dijelaskan dalam uraian berikut :

#### 3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

- Data citra satelit Pliades-1B level Ortho tanggal akuisisi 06 Oktober 2015 (DIM\_PHR1B\_MS\_201510060249066\_ORT\_2414239201-002).

LIBRARY	12/8/2017 9:52 PM	File folder
LINEAGE	12/8/2017 9:52 PM	File folder
MASKS	12/8/2017 9:52 PM	File folder
DIM_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002	8/3/2017 2:14 PM	XML Document
ICON_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002	8/3/2017 2:14 PM	JPG File
IMG_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002_R1C1.TFW	8/3/2017 2:14 PM	TFW File
IMG_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002_R1C1	8/3/2017 2:14 PM	TIF File
IMG_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002_R1C1.TIF.aux	12/10/2017 10:29 ...	XML Document
IMG_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002_R1C1.TIF.enp	8/21/2017 10:13 AM	ENP File
IMG_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002_R1C1.TIF.ovr	12/10/2017 10:29 ...	OVr File
IMG_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414239201-002_R1C1.tif	3/1/2018 9:54 PM	XML Document
INDEX	12/6/2017 9:30 PM	HTM File

Gambar 3. 2 Data Citra Satelit Pleiades-1B

- Data pengukuran batimetri perairan Gili Iyang bulan Oktober 2015 yang telah terkoreksi pasut dengan acuan LWL (*Low Water Level*)

No	Tanggal	Waktu Peram	Waktu Pelen	Selish	Waktu Peram	Waktu Pelen	Selish	Raman Pelen	Selish Pelen 15 Menit	Tinggi Air Saat Peram (Interpolasi)	Kondalaman Sebelum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Harding / F (m)	Exding / A (m)	Kondalaman Terkoreksi (LWL (m))
1	15-Oct-15	8:17:32	8:15:00	0:12:32	8:45:89	8:20:00	0:20:89	1:17	-0:01	1:14	3:75	0:40	0:540	9327084:331	186622:728	5:14
2	15-Oct-15	8:28:32	8:15:00	0:13:32	8:47:56	8:20:00	0:22:56	1:17	-0:03	1:14	5:77	0:40	0:540	9328081:005	186591:859	5:57
3	15-Oct-15	8:29:32	8:15:00	0:14:32	8:49:52	8:20:00	0:24:52	1:17	-0:03	1:14	5:78	0:40	0:540	9328092:182	186563:717	5:58
4	15-Oct-15	8:30:32	8:30:00	0:00:32	8:50:89	8:50:00	0:00:89	1:2	-0:06	1:20	1:80	0:40	0:540	9328143:841	186535:969	5:54
5	15-Oct-15	8:31:32	8:30:00	0:01:32	8:52:56	8:50:00	0:02:56	1:2	-0:06	1:19	5:82	0:40	0:540	9328628:928	186486:313	5:57
6	15-Oct-15	8:32:32	8:30:00	0:02:32	8:54:52	8:50:00	0:04:52	1:2	-0:06	1:19	5:88	0:40	0:540	9328521:156	186404:100	5:63
7	15-Oct-15	8:33:32	8:30:00	0:03:32	8:56:89	8:50:00	0:06:89	1:2	-0:06	1:19	1:95	0:40	0:540	9328541:769	186284:335	2:75
8	15-Oct-15	8:34:32	8:30:00	0:04:32	8:57:56	8:50:00	0:07:56	1:2	-0:06	1:18	7:40	0:40	0:540	9328136:756	186138:951	7:55
9	15-Oct-15	8:35:32	8:30:00	0:05:32	8:59:52	8:50:00	0:09:52	1:2	-0:06	1:18	5:89	0:40	0:540	9328880:480	186087:632	5:75
10	15-Oct-15	8:36:32	8:30:00	0:06:32	8:60:89	8:50:00	0:10:89	1:2	-0:06	1:17	10:14	0:40	0:540	9328458:303	186087:632	9:85
11	15-Oct-15	8:37:32	8:30:00	0:07:32	8:62:56	8:50:00	0:12:56	1:2	-0:06	1:17	11:43	0:40	0:540	9325461:922	186121:845	11:20
12	15-Oct-15	8:38:32	8:30:00	0:08:32	8:64:52	8:50:00	0:14:52	1:2	-0:06	1:17	11:14	0:40	0:540	9328273:994	186238:696	10:91
13	15-Oct-15	8:39:32	8:30:00	0:09:32	8:66:89	8:50:00	0:16:89	1:2	-0:06	1:16	11:66	0:40	0:540	9328560:439	186089:887	11:43
14	15-Oct-15	8:40:32	8:30:00	0:10:32	8:67:56	8:50:00	0:17:56	1:2	-0:06	1:16	11:01	0:40	0:540	9328597:933	186538:057	10:79
15	15-Oct-15	8:41:32	8:30:00	0:11:32	8:69:52	8:50:00	0:19:52	1:2	-0:06	1:15	2:89	0:40	0:540	9328812:715	186900:184	2:77
16	15-Oct-15	8:42:32	8:30:00	0:12:32	8:70:89	8:50:00	0:20:89	1:2	-0:06	1:15	4:29	0:40	0:540	9328710:209	187079:851	4:08
17	15-Oct-15	8:43:32	8:30:00	0:13:32	8:72:56	8:50:00	0:22:56	1:2	-0:06	1:15	3:28	0:40	0:540	9326650:413	187582:056	3:07
18	15-Oct-15	8:44:32	8:30:00	0:14:32	8:74:52	8:50:00	0:24:52	1:2	-0:06	1:14	2:80	0:40	0:540	9326607:702	187871:077	2:70
19	15-Oct-15	8:45:32	8:45:00	0:00:32	8:75:89	8:75:00	0:00:89	1:28	-0:04	1:28	1:90	0:40	0:540	9326162:278	187900:460	2:38
20	15-Oct-15	8:46:32	8:45:00	0:01:32	8:77:56	8:75:00	0:02:56	1:28	-0:04	1:28	4:48	0:40	0:540	9325564:991	188135:409	4:16
21	15-Oct-15	8:47:32	8:45:00	0:02:32	8:79:52	8:75:00	0:04:52	1:28	-0:04	1:28	11:76	0:40	0:540	9326816:244	188335:389	11:45
22	15-Oct-15	8:48:32	8:45:00	0:03:32	8:80:89	8:75:00	0:05:89	1:28	-0:04	1:28	12:18	0:40	0:540	9326744:877	188702:013	11:87

Gambar 3. 3 Sebagian Data Hasil Olahan Batimetri Insitu

### 3.2.2 Peralatan

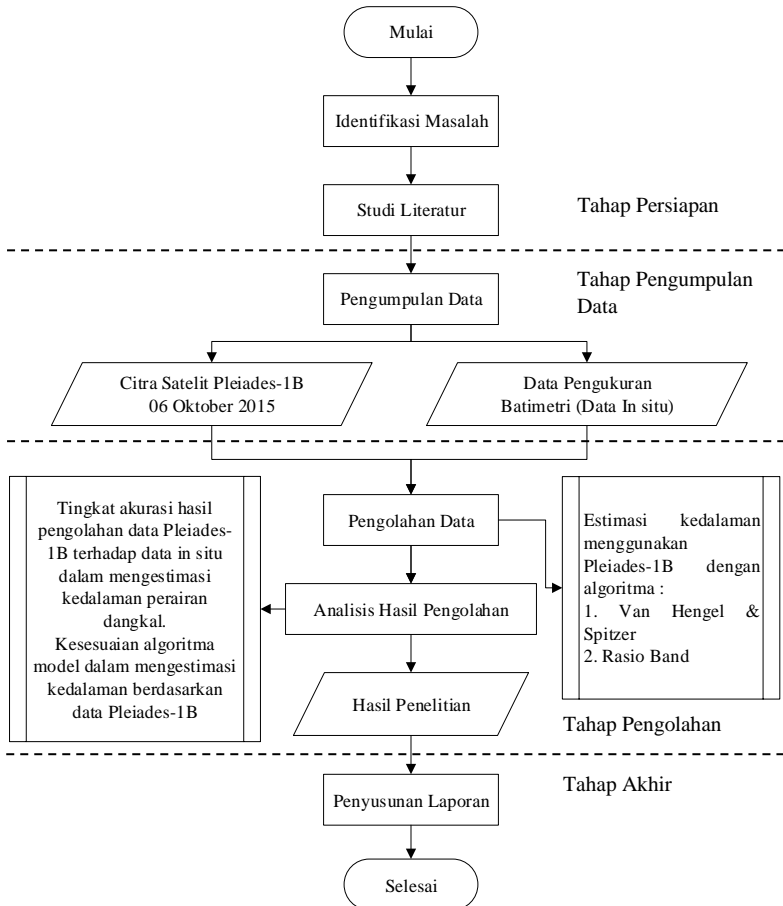
Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan meliputi Laptop HP dengan *processor intel core i7*. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan meliputi BEAM VISAT 5.0 untuk proses *pre-processing* dan ekstraksi informasi kedalaman serta ArcGIS 10.4 (*trial version*) untuk proses pengolahan data kedalaman dan *layouting* peta kedalaman. Selain itu juga digunakan *Microsoft Office Excel* dan *Microsoft Office Word* untuk pengolahan data dan penulisan laporan.

## 3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan metode penelitian yang dijelaskan pada uraian pelaksanaan berikut :

### 3.3.1 Tahap Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini terdiri atas tahapan-tahapan seperti yang dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 3. 4.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

Diagram alir pelaksanaan penelitian Tugas Akhir pada Gambar 3. 4 tersebut dijelaskan dalam uraian berikut :

a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi tahap identifikasi masalah dan studi literatur sebagai berikut :



i. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengerucutkan permasalahan yang dibahas dalam suatu penelitian. Adapun masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana menghasilkan peta batimetri yang memiliki koordinat pasti (*fix coordinate*) menggunakan data Pleiades-1B dengan algoritma Van Hengel & Spitzer dan rasio band, bagaimana akurasi dari kedalaman berdasarkan kedua algoritma tersebut terhadap data in situ serta bagaimana kesesuaian algoritma model yang digunakan terhadap informasi kedalaman yang dihasilkan citra Pleiades-1B.

ii. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi dan pemahaman yang berhubungan dengan pembuatan peta batimetri menggunakan data penginderaan jauh. Referensi yang digunakan berasal dari buku, jurnal, internet dan sumber informasi lainnya.

b. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan atau penghimpunan data utama serta data pendukung yang menjadi bahan penelitian tugas akhir. Adapun data yang dibutuhkan meliputi satu *scene* data satelit Pleiades-1B serta data pengukuran batimetri perairan Gili Iyang, Sumenep, Jawa Timur. Dalam tahap ini juga dilakukan proses pencarian dan instalasi perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data.

d. Tahap Pengolahan Data

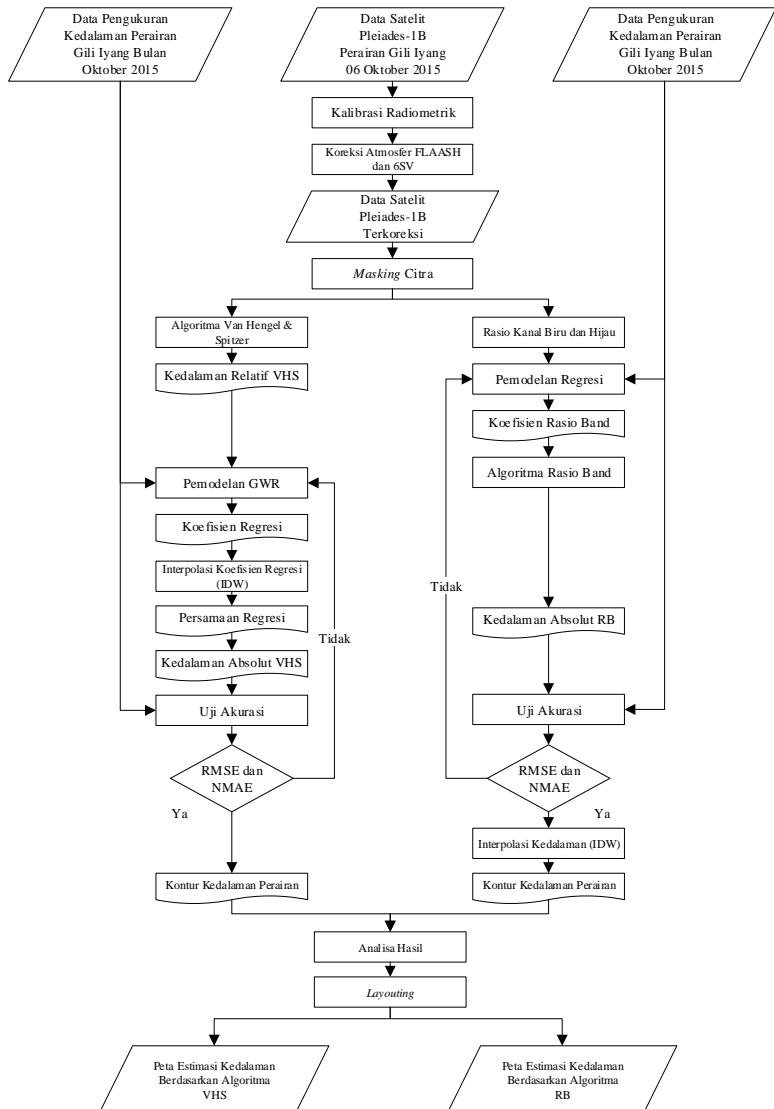
Pada tahap ini, dilakukan aktivitas pengolahan data satelit Pleiades-1B yang meliputi koreksi atmosfer (FLAASH dan 6SV), *masking* citra, penerapan algoritma kedalaman (Van Hengel & Spitzer dan Rasio band), pemodelan *geographically weighted regression* (GWR), interpolasi koefisien GWR menggunakan teknik IDW, uji akurasi serta *layouting* hasil pengolahan kedalaman. Tahap pengolahan data tersebut dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 3. 5.

e. Tahap Akhir Penelitian

Tahap akhir penelitian tugas akhir ini adalah penyusunan laporan tentang pembuatan peta batimetri dengan memanfaatkan data Pleiades-1B yang telah dilaksanakan. Serta penulisan jurnal ilmiah untuk kegiatan publikasi hasil penelitian.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 3. 5 sebagai berikut :



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengolahan Data

Diagram alir tersebut dijelaskan dalam uraian sebagai berikut :

i. Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik ditujukan untuk mengubah nilai *digital number* (DN) yang merupakan format data bawaan dari citra satelit, menjadi nilai radian. Nilai radian kemudian dijadikan masukan dalam tahap koreksi atmosfer untuk mendapatkan nilai reflektan BOA (*Bottom of Atmosphere*). Proses kalibrasi radiometrik ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya di permukaan bumi. Pada penelitian ini tidak dilakukan orthorektifikasi mengingat objek penelitian yang merupakan perairan, dimana perairan memiliki terrain yang relatif datar. Selain itu, penerapan orthorektifikasi dikhawatirkan mengganggu informasi spektral dari masing-masing piksel citra mengingat penelitian ini yang berfokus pada informasi spektral.

ii. Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer dilakukan untuk menghilangkan distorsi akibat efek atmosfer pada saat perekaman data / objek. Koreksi atmosfer yang diterapkan adalah koreksi atmosfer 6SV dan FLAASH. Koreksi atmosfer 6SV memanfaatkan laman <http://6s.ltdri.org/> untuk memperoleh parameter  $X_a$ ,  $X_b$  dan  $X_c$  yang kemudian digunakan untuk menghasilkan reflektan BOA (*Bottom of Atmosphere*) atau reflektan yang telah terkoreksi efek atmosfer. Sedangkan koreksi atmosfer metode FLAASH dilakukan dengan menggunakan

*tool* yang terdapat pada perangkat lunak pengolah citra. Hasil dari koreksi atmosfer yang berupa reflektan BOA kemudian dikonversi menjadi nilai *Remote Sensing Reflectance* /  $R_{rs}$  ( $sr^{-1}$ ) dengan membaginya menggunakan parameter  $\pi$ .

iii. *Masking Citra*

*Masking* citra bertujuan untuk memisahkan antara wilayah daratan dengan wilayah perairan. Pemisahan daratan dan perairan ini dilakukan dengan memblok nilai reflektan pada wilayah darat dengan nilai nol. Sehingga wilayah daratan tidak mempengaruhi nilai perairan pada saat pemasukan algoritma kedalaman. Kanal yang digunakan dalam proses *masking* adalah kanal *blue* dan NIR (*Near Infrared*) dengan metode NDWI (*Normalized Difference Water Index*).

iv. *Penerapan Algoritma Van Hengel & Spitzer*  
 Algoritma Van Hengel & Spitzer diterapkan untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif berdasarkan citra satelit Pleiades-1B. Kedalaman relatif tersebut diperoleh dengan memanfaatkan 3 kanal, *red*, *green* dan *blue* pada data Pleiades-1B. Algoritma Van Hengel & Spitzer secara langsung akan menghasilkan nilai kedalaman relatif dari Gili Iyang, Jawa Timur berdasarkan parameter rotasi (Persamaan 2. 6 dan 2. 7) dan nilai reflektan yang menjadi masukan dalam algoritma ini.

v. *Penerapan Algoritma Rasio Band*

Sedangkan kedalaman relatif berdasarkan algoritma rasio band diperoleh dengan memanfaatkan kanal kanal B0 (*blue*) dan band B1 (*green*) dari citra Pleiades-1B. Dalam algoritma rasio band, dilakukan perhitungan rasio antara  $R_{rs}$

kanal *blue* dan Rrs kanal *green* dengan formula  $Rasio = \frac{\ln Blue}{\ln Green}$ . Nilai rasio kedua kanal tersebut menjadi masukan dalam proses berikutnya, yaitu pemodelan regresi terhadap 60 titik sampel kedalaman pengukuran untuk mendapatkan nilai koefisien rasio  $m_1$  dan  $m_0$ .

vi. Pemodelan GWR (*Geographically Weighted Regression*)

Pemodelan regresi dilakukan untuk mengetahui bentuk hubungan antara kedalaman relatif (hasil estimasi) dengan kedalaman insitu (hasil pengukuran), adapun kedalaman insitu yang digunakan merupakan kedalaman sampel sebanyak 60 titik. Bentuk dan hubungan antar dua variabel tersebut ditampilkan dalam suatu persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai kedalaman absolut dari objek yang kemudian dapat dipetakan dan dianalisis untuk menyediakan informasi hubungan data spasial non-stasioner. Dalam GWR, setiap titik sampel kedalaman memiliki nilai parameter masing-masing untuk memperoleh suatu nilai kedalaman absolut. Dalam tahap ini dilakukan pula analisa korelasi untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara dua variabel tersebut.

vii. Interpolasi Parameter GWR

Interpolasi dilakukan untuk memperoleh informasi suatu titik yang belum diketahui berdasarkan informasi titik-titik lain yang telah diketahui. Dalam tahap ini, interpolasi dilakukan terhadap parameter / koefisien GWR ( $\beta_0$  dan  $\beta_k$ ) dari titik-titik sampel untuk memperoleh parameter / koefisien GWR pada semua piksel di citra Pleiades-1B perairan Gili Iyang, Jawa Timur.

Metode interpolasi yang digunakan adalah *Inverse Distance Weighted* (IDW) yang merupakan interpolasi konvensional yang memperhatikan jarak sebagai bobot.

- viii. Uji Akurasi  
 Uji akurasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil estimasi kedalaman menggunakan citra Pleiades-1B terhadap data insitu. Metode yang digunakan adalah RMSE (*Root Mean Square Error*) dan NMAE (*Normalized Mean Absolute Error*). Uji akurasi dilakukan terhadap data validasi yang merupakan data pengukuran batimetri dan tidak termasuk data sampel. Adapun syarat NMAE untuk pengolahan data penginderaan jauh adalah sebesar  $\leq 30 \%$  (Jaelani, Setiawan, dan Matsushita 2015).
- ix. Analisa  
 Tahap ini dilakukan untuk menganalisis keakuratan hasil kedalaman berdasarkan pengolahan data Pleiades-1B terhadap data insitu, serta kesesuaian algoritma model yang digunakan dalam mengestimasi kedalaman berdasarkan data Pleiades-1B untuk Perairan Gili Iyang, Jawa Timur.
- x. *Layouting*  
 Data kedalaman absolut dan kedalaman relatif yang dihasilkan kemudian dilakukan *layouting* untuk memperindah sajian informasi, sehingga informasi dapat disampaikan dan diterima dengan baik.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan data yang telah dilakukan sesuai metodologi penelitian memberikan hasil yang dibahas dan dianalisis dalam uraian berikut :

#### 4.1 Koreksi Radiometrik Citra Pleiades-1B

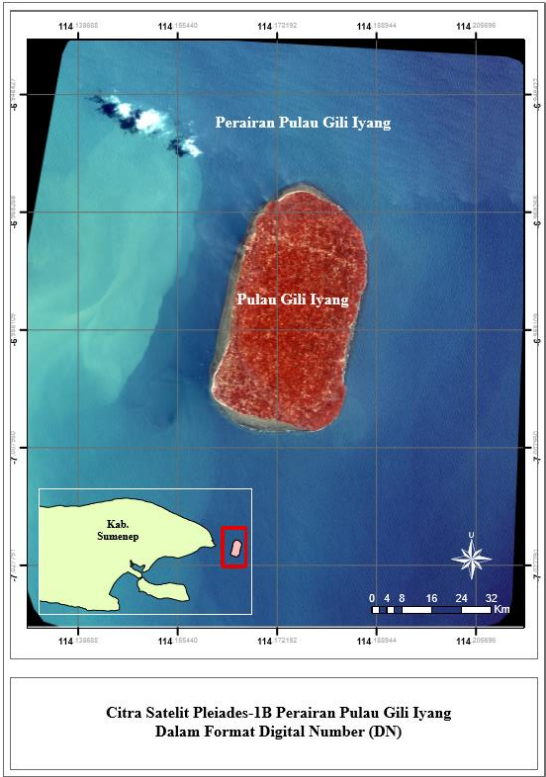
##### 4.1.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik merupakan proses perbaikan citra hasil perekaman sensor satelit. Perbaikan citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya. Kesalahan-kesalahan dan ketidaksesuaian tersebut timbul karena adanya gangguan radiasi elektromagnetik pada atmosfer maupun kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari yang dapat terjadi pada saat proses pengambilan, pengiriman dan perekaman data.

Kalibrasi radiometrik diterapkan terhadap citra satelit Pleiades-1B level data *Standard Ortho*, dimana citra tersebut telah tergeoreferensi terhadap geometri bumi. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan piksel / data citra satelit dalam format radian. Perbedaan tampilan dan nilai data citra dalam format *digital number* dan *radiance* ditampilkan dalam (Gambar 4. 1 dan Gambar 4. 2).

Gambar 4. 1 memperlihatkan citra dalam tampilan RGB dengan format *digital number*, sedangkan Gambar 4. 2 dalam format *radiance*. Keduanya memberikan tampilan secara visual yang berbeda, dimana citra dalam format *radiance* terlihat lebih terang jika dibandingkan dengan citra dalam format asli atau *digital number*. Hal ini terjadi sebagai hasil dari

perbaikan kualitas visual citra melalui proses kalibrasi radiometrik.

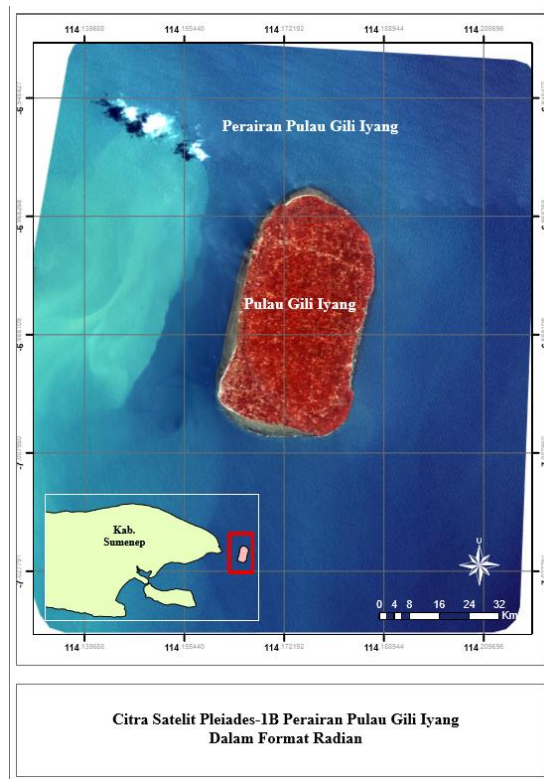


Gambar 4. 1 Citra Pleiades-1B dalam Format *Digital Number*

Tabel 4. 1 Statistik Nilai Digital Number Citra Pleiades-1B

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
B0 – Blue	0	2264	792,345	275,353
B1 – Green	0	2199	646,322	231,719
B2 – Red	0	2215	396,345	165,774
B3 - NIR	0	2755	320,308	241,796

Perbedaan kedua format citra tersebut (*digital number* dan *radiance*) juga ditunjukkan pada nilai piksel masing-masing kanal dari citra Pleiades-1B seperti pada Tabel 4. 1 dan Tabel 4. 2. Citra dalam format *digital number* memiliki rentang nilai yang lebih besar dibandingkan dengan citra dalam format *radiance*. Nilai piksel dalam format DN berada pada rentang nilai 0 – 275, sedangkan data format *radiance* berada pada rentang nilai 0 – 226,854. Keduanya memiliki nilai minimum yang sama, yakni 0 (nol).



Gambar 4. 2 Citra Pleiades-1B dalam Format *Radiance*

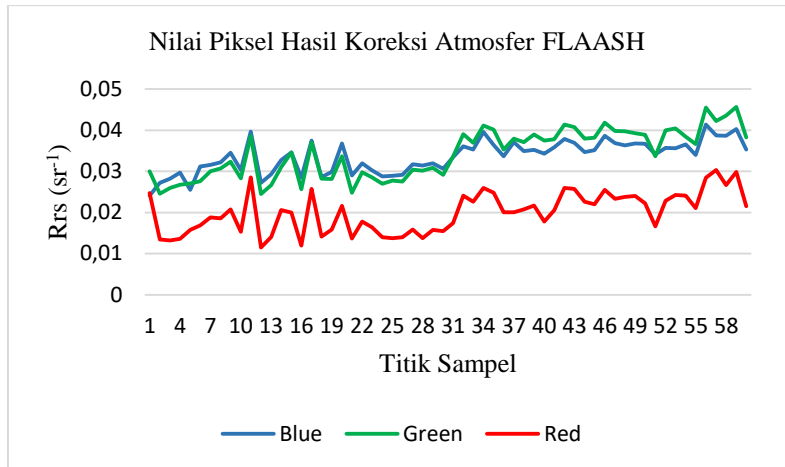
Tabel 4. 2 Statistik Nilai *Radiance* Citra Pleiades-1B

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
B0 – Blue	0	226,854	79,394	27,590
B1 – Green	0	214,537	63,056	22,607
B2 – Red	0	194,128	34,737	14,529
B3 - NIR	0	164,184	19,089	14,410

#### 4.1.2 Koreksi Atmosfer FLAASH

Koreksi atmosfer bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalisir efek distorsi atau kesalahan dalam proses perekaman objek yang bersangkutan. Distorsi tersebut menyebabkan informasi yang diterima oleh sensor satelit bukanlah informasi objek yang sebenarnya, melainkan informasi objek yang mengandung bias-bias yang ditimbulkan oleh atmosfer. Koreksi atmosfer dilakukan dengan mengkonversi nilai *radiance TOA (Top of Atmosphere)* menjadi nilai *reflectance BOA (Bottom of Atmosphere)*. Metode *FLAASH (Fast Line-ofsight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercuber)* merupakan salah satu metode koreksi atmosfer yang berfungsi untuk menghilangkan pengaruh atau distorsi yang disebabkan oleh atmosfer pada saat proses perekaman citra oleh sensor satelit.

Koreksi atmosfer metode FLAASH dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak pengolah citra. Metode koreksi atmosfer ini memerlukan beberapa parameter masukan, diantaranya adalah *Scene Center Location, Sensor Type, Sensor Altitude, Ground Elevation, Pixel Size, Flight Date, Flight Time, Atmospheric Model, Aerosol Model, Aerosol Retrieval, Initial Visibility* dan *Water Column Multiplier*.



Gambar 4. 3 Grafik Nilai Pixel Hasil Koreksi Atmosfer FLAASH

Gambar 4. 3 menampilkan gambaran grafik nilai reflektan kanal *blue*, *green* dan *red* pada 60 titik sampel, dengan nilai reflektan pada rentang 0,012 – 0,046 sr<sup>-1</sup>. Secara umum, kanal *green* memiliki nilai reflektan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kanal *blue* dan *red*. Nilai reflektan tersebut dalam satuan Rrs (*Reflectance Remote Sensing*), dimana nilai reflektan BOA hasil koreksi atmosfer dibagi dengan faktor pembagi  $\pi$ .

#### 4.1.3 Koreksi Atmosfer 6SV

Selain metode FLAASH, metode koreksi atmosfer yang digunakan adalah 6SV (*Second Simulation of the Sensor Signal in the Sensor Spectrum-Vector*). Metode ini diterapkan melalui aplikasi berbasis web dengan memasukkan beberapa parameter dari masing-masing kanal (*red*, *green*, *blue*, dan *NIR*), yang diantaranya *Geometrical Condition*, *Atmospherical Model*, *Target and Sensor Altitude*, *Spectral Condition*, *Ground*

*Reflectance* dan *Signal*. Berdasarkan proses pemasukan parameter-parameter tersebut, dihasilkan koefisien parameter koreksi atmosfer ( $X_A$ ,  $X_B$  dan  $X_C$ ) masing-masing kanal yang ditampilkan pada Tabel 4. 3 sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Koefisien Parameter Koreksi Atmosfer 6SV

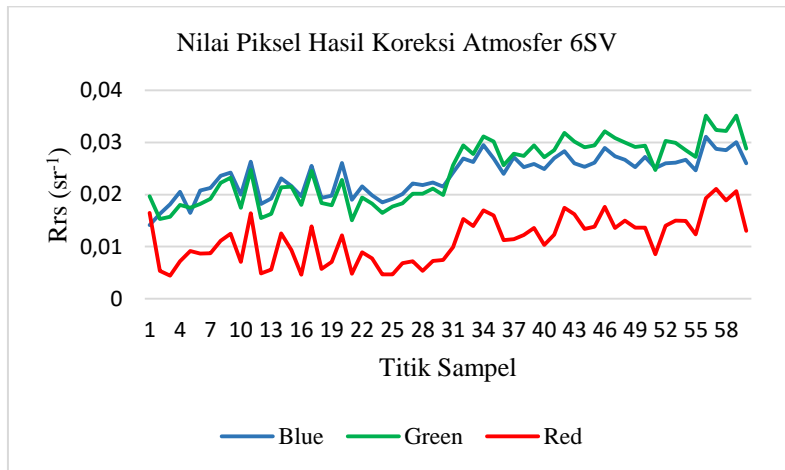
Kanal	$X_A$	$X_B$	$X_C$
B0 – <i>Blue</i>	0,0024	0,1409	0,2174
B1 – <i>Green</i>	0,0024	0,1015	0,1841
B2 – <i>Red</i>	0,0027	0,0694	0,1505
B3 - <i>NIR</i>	0,0046	0,0510	0,1249

Parameter-parameter koreksi atmosfer pada Tabel 4. 3 tersebut digunakan untuk menghitung nilai reflektan BOA berdasarkan koreksi atmosfer metode 6SV. Nilai reflektan BOA diperoleh dengan melakukan perhitungan berdasarkan Persamaan 2. 3 dan Persamaan 2. 4. Gambar 4. 4 berikut menunjukkan grafik nilai reflektan permukaan hasil perhitungan koreksi atmosfer dengan metode 6SV dalam format *Rrs*.

Gambar 4. 4 menampilkan gambaran grafik nilai reflektan kanal *blue*, *green* dan *red* pada 60 titik sampel, dengan nilai reflektan pada rentang 0,004 – 0,035  $\text{sr}^{-1}$ . Seperti pada hasil koreksi atmosfer menggunakan metode FLAASH, kanal *green* pada hasil koreksi atmosfer 6SV memiliki nilai reflektan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kanal *blue* dan *red*.

*Rrs* kanal merah memiliki nilai yang paling rendah dibandingkan dengan nilai *Rrs* kanal biru dan hijau (baik berdasarkan koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV). Hal ini dikarenakan kanal merah memiliki panjang gelombang yang lebih besar, dimana semakin besar panjang gelombang maka kemampuannya dalam

menembus kolom air akan semakin kecil akibat banyaknya energi yang diserap oleh perairan, sehingga menyebabkan kecilnya nilai  $Rrs_{(\lambda)}$  yang dipantulkan dari perairan (dan diterima oleh sensor). Selain itu, kedua grafik hasil koreksi atmosfer tersebut menunjukkan bahwa nilai  $Rrs_{(\lambda)}$  hasil koreksi 6SV cenderung lebih rendah daripada  $Rrs_{(\lambda)}$  hasil koreksi FLAASH.



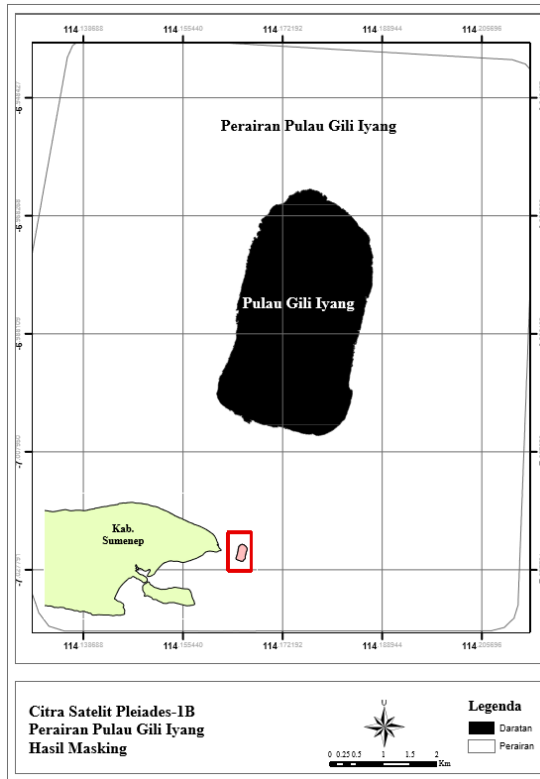
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Pikel Hasil Koreksi Atmosfer 6SV

#### 4.2 Masking Citra

*Masking* citra merupakan proses pemisahan objek perairan dengan objek daratan yang dilakukan dengan memberikan nilai 0 (nol) pada objek daratan. Hal ini dilakukan untuk memfokuskan area penelitian yang merupakan area perairan. Sehingga area perairan memberikan informasi berdasarkan nilai spektral masing-masing piksel, sedangkan area daratan memiliki nilai spektral nol. *Masking* citra dilakukan dengan memanfaatkan  $Rrs$  kanal merah (*red*)

dan NIR menggunakan metode NDWI (*Normalized Difference Water Index*) sebagai berikut (Gao 1996):

$$NDWI = \frac{(Rrs_{Red} - Rrs_{NIR})}{(Rrs_{Red} + Rrs_{NIR})} \quad (2.23)$$



Gambar 4. 5 Citra Pleiades-1B Hasil *Masking*

Adapun pada citra Pleiades-1B, kanal merah merupakan kanal B2 dan kanal NIR merupakan kanal B3.

Nilai piksel suatu citra satelit akan dideteksi sebagai perairan jika nilai NDWI > 0 dan akan dideteksi sebagai daratan jika memiliki nilai NDWI ≤ 0.



Gambar 4. 5 menunjukkan warna hitam sebagai wilayah daratan, dan warna putih sebagai wilayah perairan. Dalam proses berikutnya, nilai spektral pada piksel dengan area berwarna putih yang dimanfaatkan untuk memperoleh informasi kedalaman sementara wilayah daratan diabaikan.

#### 4.3 Penerapan Algoritma Kedalaman

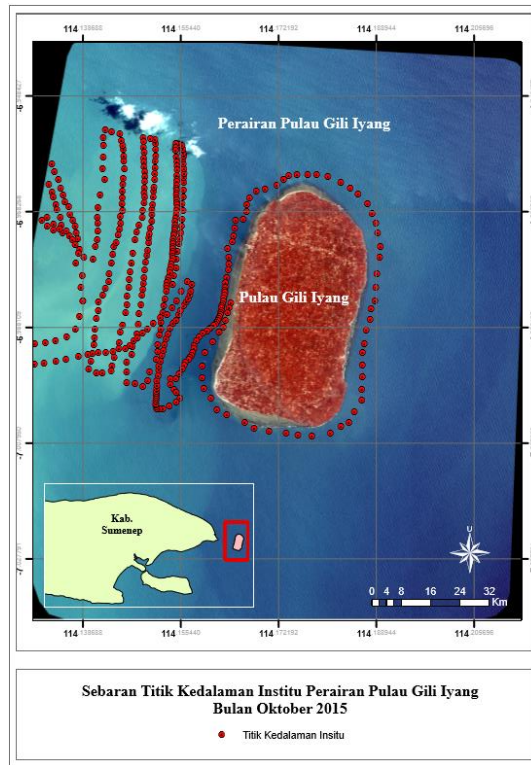
Algoritma yang dimanfaatkan untuk mengestimasi kedalaman perairan dangkal berdasarkan citra satelit, dua diantaranya adalah algoritma yang dirumuskan oleh Van Hengel dan Spitzer serta algoritma Rasio Band yang dirumuskan oleh Stumpf dan kawan-kawan. Dalam penelitian ini, masing-masing algoritma tersebut diterapkan terhadap citra satelit Pleiades-1B untuk perairan Gili Iyang yang telah terkoreksi atmosfer.

##### 4.3.1 Algoritma Van Hengel & Spitzer

Algoritma Van Hengel & Spitzer memanfaatkan nilai piksel citra *red*, *green* dan *blue* sebagai data masukan untuk mendapatkan nilai kedalaman relatif suatu perairan. Adapun pada citra Pleiades-1B, kanal tersebut adalah kanal B2, B1, dan B0.

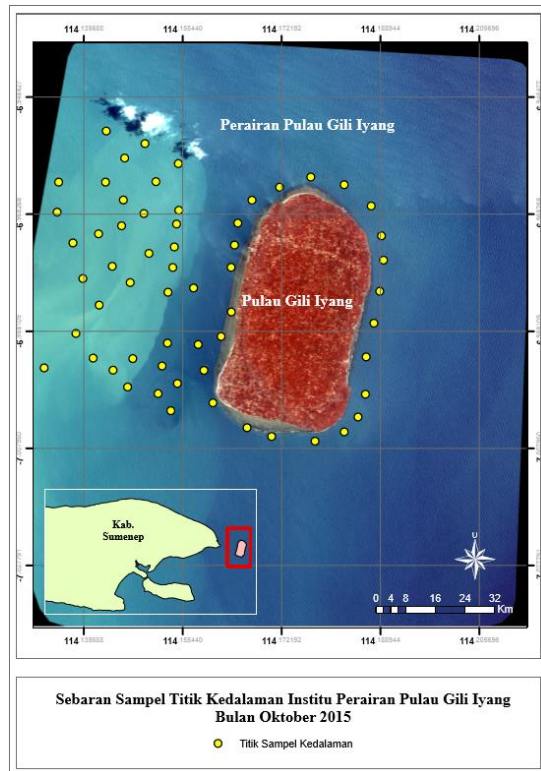
Algoritma Van Hengel & Spitzer diaplikasikan pada seluruh piksel perairan. Sedangkan piksel atau titik sampel yang digunakan berada pada titik yang sama dengan data insitu. Hal ini dimaksudkan untuk proses validasi hasil kedalaman absolut terhadap data insitu. Sebaran data insitu kedalaman ditampilkan pada Gambar 4. 6.

Gambar 4. 6 tersebut menampilkan sebaran lokasi data insitu yang akan digunakan untuk memperoleh nilai kedalaman relatif. Titik-titik yang tersebar pada perairan Gili Iyang tersebut merupakan titik kedalaman dalam satuan meter dan telah terkoreksi pasut dengan acuan LWL (*Low Water Level*).



Gambar 4. 6 Sebaran Data Insitu Perairan Gili Iyang

Sebanyak 60 titik sampel yang tersebar di perairan Gili Iyang digunakan untuk proses perhitungan kedalaman relatif. Adapun 60 titik sampel tersebut dipilih secara acak dan merata pada lokasi perairan yang bersangkutan. Sebaran 60 titik sampel ditampilkan pada Gambar 4. 7.



Gambar 4. 7 Sebaran 60 Titik Sampel Kedalaman

Titik-titik sampel yang tersebar pada perairan tersebut kemudian dilakukan ekstraksi nilai piksel. Ekstraksi tersebut dimaksudkan untuk memperoleh informasi nilai piksel dimana titik sampel tersebut berada. Nilai piksel yang dimaksud adalah nilai reflektan permukaan, dalam hal ini adalah nilai  $R_{rs(\lambda)}$ .

Nilai kedalaman relatif berdasarkan algoritma Van Hengel & Spitzer memerlukan nilai varian dan kovarian sebagai data masukan. Nilai varian dan kovarian tersebut diperoleh berdasarkan perhitungan

statistik dari data  $Rrs(\lambda)$ , baik berdasarkan metode koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV.

Tabel 4. 4 Nilai Varian Hasil Koreksi Atmosfer FLAASH dan 6SV

Kanal	Nilai Varian	
	FLAASH	6SV
B0 – <i>Blue</i>	0,00012	0,00007
B1 – <i>Green</i>	0,00012	0,00007
B2 – <i>Red</i>	0,00009	0,00036

Tabel 4. 5 Nilai Kovarian Hasil Koreksi Atmosfer FLAASH

Kanal	Nilai Kovarian		
	B0	B1	B2
B0	-	0,00012	0,00006
B1	0,00012	-	0,00008
B2	0,00006	0,00008	-

Tabel 4. 6 Nilai Kovarian Hasil Koreksi Atmosfer 6SV

Kanal	Nilai Kovarian		
	B0	B1	B2
B0	-	0,00007	0,00002
B1	0,00007	-	0,00004
B2	0,00002	0,00004	-

Nilai varian dan kovarian kanal RGB hasil koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV memiliki perbedaan yang signifikan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4. 4, 4. 5 dan 4. 6. Sehingga untuk sementara, dapat diketahui bahwa perbedaan koreksi atmosfer menghasilkan nilai varian dan kovarian yang berbeda. Peristiwa ini

diprediksi akan berpengaruh pada tahap pengolahan berikutnya serta hasil akhir pengolahan data itu sendiri, dalam hal ini adalah kedalaman relatif berdasarkan algoritma VHS.

Nilai varian dan kovarian tersebut kemudian dijadikan masukan untuk menghitung parameter rotasi  $r$  dan  $s$  (seperti pada Persamaan 2. 6 dan 2. 7). Parameter rotasi diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 2. 8 dan 2. 9.

Tabel 4. 7 Nilai Parameter Rotasi ( $r$  dan  $s$ ) Pleiades-1B

	<b>FLAASH</b>	<b>6SV</b>
$Ur$	1,031	1,058
$r$	67,943°	68,311°
$Us$	1,685	3,116
$s$	74,659°	81,103°

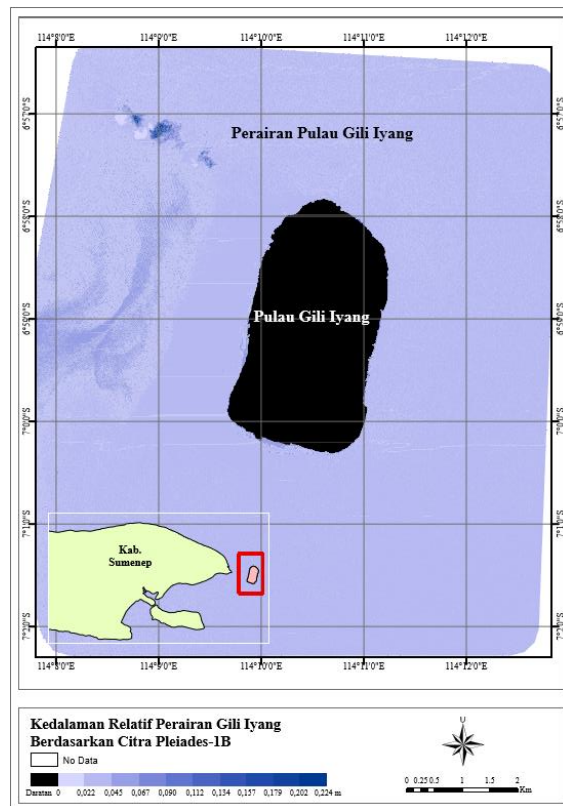
Tabel 4. 7 menampilkan hasil perhitungan parameter rotasi terhadap hasil koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV. Keduanya memiliki nilai parameter  $r$  dengan perbedaan yang relatif kecil, yakni sekitar 0,4 derajat, sedangkan parameter  $s$  memiliki perbedaan nilai yang relatif besar, yakni sebesar 6,4 derajat.

Parameter rotasi tersebut kemudian dijadikan masukan dalam Persamaan 2. 5 untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif berdasarkan Algoritma Van Hengel & Spitzer, baik untuk  $Rrs_{(\lambda)}$  hasil koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV. Kedalaman relatif 60 titik sampel ditampilkan pada Tabel 4. 8 (Informasi selengkapnya mengenai koordinat masing-masing titik sampel dapat dilihat pada Lampiran 3).

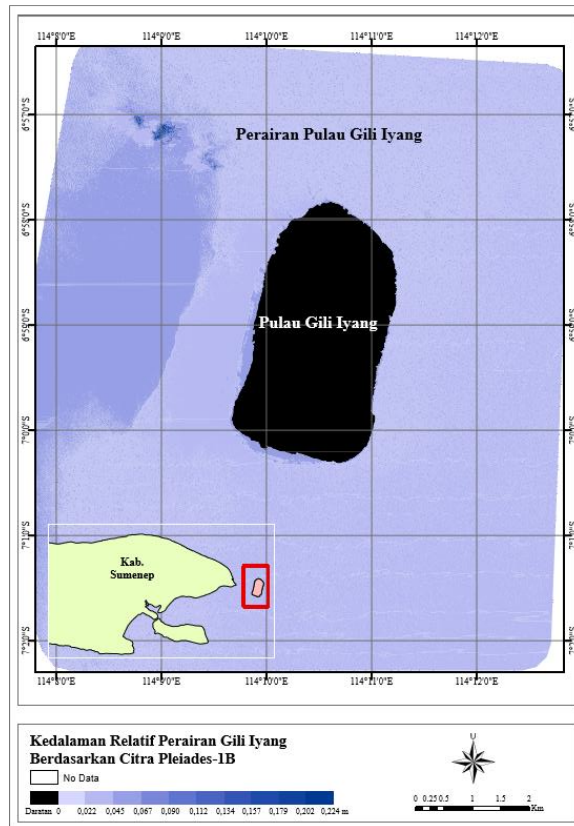
Tabel 4. 8 Kedalaman Relatif Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer FLAASH dan 6SV

Nama Sampel	Kedalaman Relatif			Nama Sampel	Kedalaman Relatif		
	FLAASH (m)	6SV (m)	Selisih (m)		FLAASH (m)	6SV (m)	Selisih (m)
2	0,040	0,024	0,016	175	0,037	0,022	0,015
6	0,029	0,014	0,015	190	0,046	0,029	0,017
9	0,029	0,013	0,016	194	0,044	0,027	0,016
12	0,030	0,017	0,013	202	0,049	0,032	0,017
15	0,031	0,018	0,014	210	0,047	0,030	0,017
17	0,034	0,019	0,016	218	0,040	0,024	0,017
20	0,037	0,019	0,018	233	0,042	0,025	0,017
22	0,037	0,023	0,014	236	0,042	0,025	0,016
24	0,040	0,025	0,016	249	0,043	0,027	0,016
26	0,033	0,017	0,016	261	0,039	0,023	0,016
29	0,051	0,029	0,022	271	0,042	0,026	0,016
32	0,027	0,014	0,013	284	0,049	0,032	0,017
35	0,031	0,015	0,016	292	0,048	0,030	0,018
37	0,039	0,024	0,015	302	0,044	0,027	0,017
39	0,040	0,020	0,020	308	0,043	0,028	0,016
42	0,028	0,014	0,014	314	0,049	0,033	0,016
45	0,048	0,027	0,021	319	0,046	0,028	0,018
48	0,031	0,015	0,016	325	0,046	0,029	0,017
52	0,033	0,017	0,016	329	0,046	0,027	0,019
55	0,042	0,025	0,018	335	0,044	0,028	0,017
59	0,030	0,014	0,016	341	0,037	0,021	0,016
62	0,036	0,020	0,017	346	0,045	0,028	0,017
65	0,034	0,018	0,016	351	0,046	0,029	0,018
92	0,030	0,014	0,017	366	0,046	0,029	0,017
103	0,030	0,014	0,016	411	0,042	0,025	0,016
110	0,031	0,017	0,014	468	0,054	0,036	0,018
123	0,034	0,018	0,016	472	0,054	0,036	0,018
129	0,032	0,016	0,012	477	0,050	0,034	0,017
133	0,034	0,018	0,016	482	0,054	0,036	0,018
145	0,033	0,018	0,015	516	0,043	0,026	0,016
Minimum					0,027	0,013	0,013
Maksimum					0,055	0,036	0,022

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 8, metode koreksi atmosfer berpengaruh terhadap nilai kedalaman relatif yang dihasilkan. Algoritma kedalaman yang diterapkan pada hasil koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV adalah sama, yakni algoritma VHS, namun keduanya menghasilkan estimasi kedalaman relatif yang berbeda.



Gambar 4. 8 Estimasi Kedalaman Relatif Berdasarkan Koreksi Atmosfer FLAASH



Gambar 4. 9 Estimasi Kedalaman Relatif Berdasarkan Koreksi Atmosfer 6SV

. Dimana citra dengan koreksi atmosfer FLAASH menghasilkan rentang nilai kedalaman perairan relatif antara 0,027 – 0,055 m. Sedangkan citra dengan koreksi atmosfer 6SV memiliki rentang kedalaman relatif yang lebih pendek, yakni 0,013 – 0,022 m. Selisih kedalaman relatif antara keduanya berada pada nilai yang kecil, namun mengingat rentang kedalaman relatif yang



dihasilkan cukup sempit, sehingga selisih tersebut menjadi nilai yang sangat berpengaruh.

Kedalaman relatif berdasarkan dua metode koreksi atmosfer dapat dilihat pada Gambar 4. 8 dan 4. 9.

#### 4.3.2 Algoritma Rasio Band

Estimasi kedalaman perairan berdasarkan algoritma rasio band diperoleh dengan memanfaatkan Rrs kanal *blue* (B0) dan kanal *green* (B1) dari citra satelit Pleiades-1B. Keduanya dipilih karena merupakan dua kanal dengan panjang gelombang terpendek yang dimiliki oleh sensor satelit Pleiades-1B. Kemampuan penetrasi gelombang elektromagnetik akan lebih besar pada panjang gelombang yang lebih pendek. Sehingga kanal dengan panjang gelombang yang pendek memiliki potensi yang lebih besar dalam memperoleh informasi pada kolom air. Oleh karena itu, pada citra Pleiades-1B kanal *blue* dan *green* merupakan kanal yang paling berpotensi untuk memperoleh suatu informasi perairan, khususnya perairan dangkal.

Rasio antara Rrs kanal *blue* dan *green* diperoleh dengan menerapkan persamaan berikut :

$$Rasio = \frac{\ln Rrs_{blue}}{\ln Rrs_{green}} \quad (2. 24)$$

Sehingga didapatkan rasio antara dua kanal dari 60 titik sampel seperti pada Tabel 4. 9.

Tabel 4. 9 Rasio Rrs Kanal *Blue* dan *Green*

Nama Sampel	ln Blue / ln Green		Nama Sampel	ln Blue / ln Green	
	FLAASH	6SV		FLAASH	6SV
2	1,063	1,084	175	1,001	1,016
6	0,972	0,985	190	1,024	1,025
9	0,977	0,966	194	1,013	1,016
12	0,971	0,968	202	1,012	1,016

Nama Sampel	ln Blue / ln Green		Nama Sampel	ln Blue / ln Green	
	FLAASH	6SV		FLAASH	6SV
15	1,016	1,014	210	1,030	1,033
17	0,966	0,967	218	1,014	1,019
20	0,986	0,974	233	1,007	1,007
22	0,987	0,984	236	1,018	1,023
24	0,981	0,989	249	1,031	1,037
26	0,980	0,967	261	1,027	1,024
29	0,991	0,983	271	1,016	1,016
32	0,972	0,962	284	1,028	1,034
35	0,975	0,960	292	1,030	1,043
37	0,984	0,980	302	1,028	1,039
39	1,000	0,999	308	1,026	1,034
42	0,971	0,978	314	1,025	1,030
45	0,996	0,989	319	1,024	1,035
48	0,996	0,986	325	1,028	1,033
52	0,983	0,975	329	1,020	1,040
55	0,974	0,965	335	1,018	1,021
59	0,958	0,945	341	0,996	0,996
62	0,980	0,973	346	1,035	1,043
65	0,983	0,979	351	1,040	1,038
92	0,982	0,972	366	1,015	1,019
103	0,989	0,980	411	1,022	1,028
110	0,984	0,977	468	1,030	1,036
123	0,988	0,976	472	1,027	1,034
129	0,988	0,980	477	1,038	1,035
133	0,990	0,986	482	1,040	1,047
145	0,986	0,981	516	1,024	1,029

Algoritma rasio band tidak menghasilkan kedalaman relatif seperti algoritma Van Hengel & Spitzer, melainkan menghasilkan nilai rasio ln (Persamaan 2. 24) antara dua kanal. Nilai rasio yang dihasilkan (Tabel 4. 9) digunakan sebagai masukan dalam proses pemodelan regresi untuk menghasilkan kedalaman absolut estimasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai rasio dua kanal tersebut bukan merupakan

produk, melainkan hanya bagian dari proses pengolahan.

#### 4.4 Pembentukan Model *Geographically Weighted Regression*

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) pada penelitian ini digunakan untuk mengestimasi nilai kedalaman absolut perairan Gili Iyang berdasarkan informasi yang telah diperoleh dari hasil ekstraksi informasi spektral citra Pleiades-1B. Dengan menerapkan pemodelan GWR, setiap titik kedalaman perairan akan memiliki nilai koefisien regresi atau parameter regresi masing-masing yang bersifat lokal. Sehingga terdapat sebanyak  $n \times k$  parameter yang harus diestimasi, dimana  $n$  adalah jumlah lokasi pengamatan dan  $k$  adalah jumlah parameter pada masing-masing lokasi pengamatan. Jumlah lokasi pengamatan yang dimaksud merupakan jumlah piksel citra Pleiades-1B yang digunakan untuk mengestimasi kedalaman absolut perairan.

Model GWR yang digunakan untuk mengestimasi kedalaman absolut pada penelitian ini dibangun berdasarkan kedalaman relatif (untuk hasil algoritma Van Hengel & Spitzer) dan rasio kanal biru dan hijau (untuk algoritma rasio band) sebagai variabel prediktor / variabel bebas ( $X$ ). Variabel prediktor tersebut akan berpengaruh terhadap kedalaman absolut estimasi / variabel terikat ( $Y$ ). Satu variabel prediktor dipilih karena variabel tersebut merupakan satu-satunya luaran yang dihasilkan dari penerapan algoritma kedalaman yang digunakan, sehingga tidak ada variabel lain yang berkemungkinan memiliki pengaruh terhadap kedalaman absolut estimasi. Serangkaian pemodelan GWR dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS 10.4*.

Model GWR dibangun dengan menentukan *bandwidth* optimum untuk membentuk matriks pembobot yang akan digunakan untuk mengestimasi kedalaman absolut. *Bandwidth* optimum diperoleh dengan memilih nilai *Cross Validation* (CV) yang rendah. *Bandwidth* optimum untuk

masing-masing pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 4. 10 berikut :

Tabel 4. 10 Nilai *Bandwidth* Optimum Masing-masing Pengolahan

	<b>6SV</b>	<b>FLAASH</b>
<b>Van Hengel &amp; Spitzer</b>	0,009	0,020
<b>Rasio Band</b>	-	-

Dalam penelitian ini, tidak didapatkan nilai *bandwidth* pada proses pengolahan menggunakan rasio dua kanal sebagai masukan. Hal ini terjadi karena adanya nilai *redundant* pada variabel prediktor (*X*), sehingga perhitungan *bandwidth* dan pemodelan GWR tidak dapat dijalankan pada hasil pengolahan algoritma ini. Redundansi variabel prediktor terjadi karena kehomogenan nilai rasio dua kanal (60 titik sampel) yang digunakan, berbeda dengan data insitu yang cenderung heterogen, sehingga pemodelan regresi tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, GWR tidak diterapkan untuk memperoleh informasi kedalaman absolut dengan menggunakan algoritma rasio band.

Nilai *bandwidth* pada Tabel 4. 10 tersebut digunakan untuk membentuk matriks pembobot dengan model *fixed kernel gaussian* seperti pada Persamaan 2. 17. Dengan menggunakan model *fixed kernel gaussian* berarti nilai *bandwidth* pada semua titik pengamatan adalah sama. Model pembobot ini dipilih karena jarak antar data pengukuran kedalaman insitu yang digunakan adalah konstan atau tidak memiliki perbedaan jarak yang signifikan. Proses ini hanya diterapkan pada kedalaman relatif hasil dari algoritma VHS. Sehingga diperoleh estimasi model GWR untuk 60 titik sampel sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Estimasi Model GWR Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer FLAASH

Nama Sampel	Intercept	C1	R <sup>2</sup>	Nama Sampel	Intercept	C1	R <sup>2</sup>
2	5,181	141,343	0,052	175	4,383	175,476	0,072
6	6,219	120,630	0,036	190	5,390	147,323	0,056
9	7,287	102,770	0,025	194	6,027	131,756	0,046
12	6,696	114,314	0,025	202	6,972	109,074	0,034
15	6,491	92,763	0,012	210	7,770	90,579	0,024
17	7,417	46,366	0,003	218	8,885	65,810	0,0137
20	8,935	-20,121	0,001	233	12,365	-1,142	4,8E-06
22	9,667	-46,601	0,004	236	12,337	-5,262	0,0001
24	9,984	-57,121	0,008	249	9,641	48,080	0,007
26	9,965	-58,475	0,010	261	7,209	108,282	0,028
29	9,229	-39,357	0,005	271	8,075	92,416	0,018
32	8,299	-13,537	0,001	284	9,188	59,839	0,009
35	7,260	18,768	0,001	292	12,112	-7,938	0,0002
37	6,231	53,193	0,012	302	13,780	-35,733	0,005
39	5,350	82,853	0,028	308	15,486	-75,904	0,023
42	4,040	124,402	0,059	314	15,181	-76,328	0,020
45	2,030	183,551	0,114	319	13,549	-41,681	0,005
48	0,022	244,68	0,173	325	11,861	-2,747	1,9E-05
52	-0,646	271,461	0,195	329	11,227	13,214	0,0004
55	-0,014	263,842	0,179	335	10,584	31,779	0,002
59	1,353	233,09	0,142	341	12,429	-9,690	0,0002
62	2,396	207,867	0,116	346	12,952	-26,238	0,001
65	3,513	181,493	0,089	351	14,367	-61,292	0,009
92	7,532	96,850	0,026	366	17,165	-128,07	0,031
103	8,738	76,844	0,016	411	17,681	-140,21	0,040
110	8,670	83,121	0,017	468	16,843	-119,08	0,034
123	9,923	53,706	0,009	472	16,388	-106,30	0,033
129	10,009	47,357	0,007	477	17,040	-114,54	0,049
133	9,654	52,218	0,009	482	20,133	-179,65	0,116
145	6,687	114,298	0,039	516	18,800	-146,73	0,088

C1 pada tabel menunjukkan nilai koefisien prediktor dari masing-masing lokasi titik sampel ( $\beta_0$ ), sedangkan *intercept* merupakan nilai koefisien regresi variabel prediktor ( $\beta_k$ ).

Tabel 4. 12 Estimasi Model GWR Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer 6SV

Nama Sampel	Intercept	C1	R <sup>2</sup>	Nama Sampel	Intercept	C1	R <sup>2</sup>
2	7,316	53,151	0,004	175	12,370	63,517	0,007
6	8,728	41,423	0,002	190	6,404	241,946	0,095
9	5,781	343,151	0,074	194	5,230	272,922	0,123
12	7,436	190,481	0,010	202	5,312	259,307	0,132
15	20,111	-817,34	0,099	210	7,170	193,984	0,094
17	-5,945	563,991	0,090	218	10,102	98,257	0,032
20	-16,158	1134,33	0,527	233	15,732	-47,540	0,016
22	-0,347	448,837	0,154	236	16,332	-92,495	0,0471
24	9,355	18,655	0,0004	249	10,982	64,869	0,006
26	14,288	-242,89	0,103	261	10,739	123,163	0,019
29	10,372	-198,02	0,135	271	11,161	101,838	0,019
32	7,294	-105,42	0,086	284	9,053	160,255	0,021
35	5,097	88,760	0,036	292	20,137	-274,28	0,138
37	7,209	70,899	0,016	302	19,410	-212,59	0,225
39	12,2	-121,08	0,048	308	24,531	-413,12	0,479
42	11,968	-77,889	0,022	314	28,373	-572,72	0,517
45	4,207	234,014	0,115	319	26,454	-502,85	0,241
48	-3,396	529,225	0,485	325	16,167	-120,04	0,009
52	-2,356	495,855	0,425	329	11,466	65,199	0,003
55	2,647	298,327	0,211	335	10,146	123,837	0,020
59	3,978	241,656	0,160	341	9,134	137,156	0,042
62	3,020	267,017	0,163	346	12,305	8,801	5,5E-05
65	2,296	289,351	0,151	351	23,154	-407,58	0,114
92	7,714	209,11	0,048	366	13,140	-136,13	0,018
103	7,909	310,04	0,121	411	13,976	-183,17	0,046
110	9,431	246,95	0,082	468	21,436	-402,86	0,187
123	11,170	164,695	0,076	472	30,087	-649,00	0,449
129	10,721	165,603	0,072	477	28,410	-554,61	0,535
133	10,546	140,614	0,050	482	23,144	-321,17	0,279
145	5,925	226,062	0,117	516	24,114	-358,44	0,356

Tabel 4. 11 dan Tabel 4. 12 menunjukkan ke-heterogen-an koefisien regresi ( $\beta_0$  dan  $\beta_k$ ) dari 60 titik sampel. Sehingga semakin menguatkan hipotesis bahwa sebenarnya setiap lokasi pengamatan memiliki parameter atau sesuatu yang

mempengaruhi nilainya masing-masing. Oleh karena itu, untuk memperoleh nilai kedalaman absolut titik – titik lain di luar titik sampel, dilakukan interpolasi koefisien regresi dari 60 titik sampel yang telah memiliki nilai kedalaman absolut. Koefisien regresi hasil interpolasi digunakan sebagai masukan dalam perhitungan kedalaman absolut di titik lainnya. Adapun metode interpolasi yang digunakan adalah *Inverse Distance Weight (IDW)* yang mempertimbangkan jarak dalam menentukan nilai interpolasi.

#### 4.5 Hasil Estimasi Kedalaman Absolut

Estimasi kedalaman absolut yang dihasilkan terdiri atas 4 variasi data, dimana setiap satu titik sampel memiliki 4 nilai kedalaman absolut. Empat nilai ini dihasilkan berdasarkan kombinasi metode koreksi atmosfer dan algoritma estimasi kedalaman yang diterapkan. Hasil estimasi kedalaman absolut tersebut diuraikan pada penjelasan berikut.

##### 4.5.1 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Van Hengel & Spitzer

Kedalaman absolut 60 titik sampel berdasarkan penerapan algoritma VHS diuraikan pada Tabel 4. 13 dan Tabel 4. 14 berikut :

Tabel 4. 13 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer FLAASH

Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)	Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)
2	5,570	10,831	5,261	175	14,900	10,907	3,993
6	5,630	9,698	4,068	190	11,530	12,151	0,621
9	5,750	10,303	4,553	194	10,430	11,778	1,348
12	10,910	10,175	0,735	202	10,440	12,366	1,926
15	2,770	9,376	6,606	210	14,290	12,024	2,266
17	3,070	9,009	5,939	218	14,260	11,530	2,730
20	4,160	8,192	4,032	233	15,370	12,317	3,053
22	11,870	7,938	3,932	236	15,430	12,118	3,312

Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)	Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)
24	11,970	7,674	4,296	249	12,410	11,721	0,689
26	10,380	8,051	2,329	261	15,830	11,409	4,421
29	2,720	7,209	4,489	271	13,720	11,958	1,762
32	4,310	7,934	3,624	284	20,800	12,115	8,685
35	6,460	7,836	1,376	292	15,830	11,730	4,100
37	7,940	8,321	0,381	302	15,710	12,220	3,490
39	10,930	8,686	2,244	308	12,240	12,197	0,043
42	12,550	7,536	5,014	314	9,760	11,454	1,694
45	10,700	10,746	0,046	319	11,510	11,649	0,139
48	2,880	7,597	4,717	325	14,420	11,735	2,685
52	4,960	8,306	3,346	329	14,560	11,837	2,723
55	10,720	11,182	0,462	335	13,590	11,991	1,599
59	10,610	8,290	2,320	341	11,440	12,074	0,634
62	6,750	9,886	3,136	346	11,220	11,776	0,556
65	2,860	9,647	6,787	351	8,960	11,534	2,574
92	12,680	10,490	2,190	366	8,180	11,282	3,102
103	15,400	11,084	4,316	411	6,510	11,851	5,341
110	15,330	11,230	4,100	468	5,830	10,458	4,628
123	15,370	11,762	3,607	472	5,340	10,690	5,350
129	15,280	11,524	3,756	477	8,240	11,262	3,022
133	15,280	11,447	3,833	482	13,050	10,333	2,717
145	12,350	10,476	1,874	516	15,700	12,501	3,199
Total Bias							185,770

Tabel 4. 14 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS dengan Koreksi Atmosfer 6SV

Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)	Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)
2	5,570	8,608	3,038	175	14,900	13,787	1,113
6	5,630	9,285	3,655	190	11,530	13,475	1,945
9	5,750	10,334	4,584	194	10,430	12,705	2,275
12	10,910	10,716	0,194	202	10,440	13,622	3,182
15	2,770	5,736	2,966	210	14,290	12,984	1,306
17	3,070	4,636	1,566	218	14,260	12,416	1,844



<b>Nama Sampel</b>	<b>Kedalaman Insitu (m)</b>	<b>Kedalaman Absolut (m)</b>	<b>Bias (m)</b>	<b>Nama Sampel</b>	<b>Kedalaman Insitu (m)</b>	<b>Kedalaman Absolut (m)</b>	<b>Bias (m)</b>
20	4,160	5,567	1,407	233	15,370	14,532	0,838
22	11,870	9,899	1,971	236	15,430	13,992	1,438
24	11,970	9,813	2,157	249	12,410	12,744	0,334
26	10,380	10,208	0,171	261	15,830	13,596	2,234
29	2,720	4,556	1,836	271	13,720	13,824	0,104
32	4,310	5,852	1,542	284	20,800	14,210	6,590
35	6,460	6,419	0,041	292	15,830	11,940	3,890
37	7,940	8,906	0,966	302	15,710	13,736	1,974
39	10,930	9,752	1,178	308	12,240	13,178	0,938
42	12,550	10,850	1,700	314	9,760	9,687	0,073
45	10,700	10,435	0,265	319	11,510	12,450	0,940
48	2,880	4,754	1,874	325	14,420	12,697	1,723
52	4,960	5,984	1,023	329	14,560	13,223	1,337
55	10,720	10,054	0,666	335	13,590	13,569	0,021
59	10,610	7,327	3,283	341	11,440	12,034	0,594
62	6,750	8,221	1,471	346	11,220	12,549	1,329
65	2,860	7,375	4,515	351	8,960	11,459	2,499
92	12,680	10,592	2,088	366	8,180	9,247	1,067
103	15,400	12,314	3,086	411	6,510	9,368	2,858
110	15,330	13,561	1,769	468	5,830	7,124	1,294
123	15,370	14,149	1,221	472	5,340	6,695	1,355
129	15,280	13,310	1,881	477	8,240	9,722	1,482
133	15,280	13,126	2,154	482	13,050	11,436	1,614
145	12,350	10,005	2,345	516	15,700	14,610	1,090
<b>Total Bias</b>							<b>105,900</b>

Kedalaman absolut yang dihasilkan berdasarkan kedua koreksi atmosfer memberikan bias (selisih antara kedalaman absolut estimasi dengan kedalaman insitu) yang sangat besar. Rata-rata bias masing-masing titik sampel berdasarkan koreksi atmosfer FLAASH adalah sebesar 3,10 m dan 1,76 m berdasarkan 6SV. Namun perlu diketahui bahwa bias tersebut diperoleh berdasarkan perhitungan pada kedalaman yang

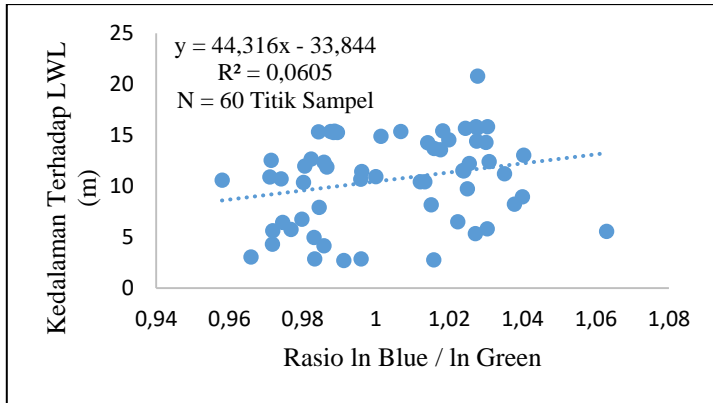
beragam, tanpa mempertimbangkan kedalaman optimum yang dapat diestimasi citra Pleiades-1B.

Salah satu faktor yang menyebabkan besarnya bias tersebut adalah sangat rendah (FLAASH) dan rendahnya (6SV) korelasi antara dua variabel yang digunakan (Tabel 4. 17). Yang kemudian berpengaruh terhadap parameter / koefisien regresi model GWR yang dibentuk, dan tentunya terhadap kedalaman absolut yang akan diestimasi.

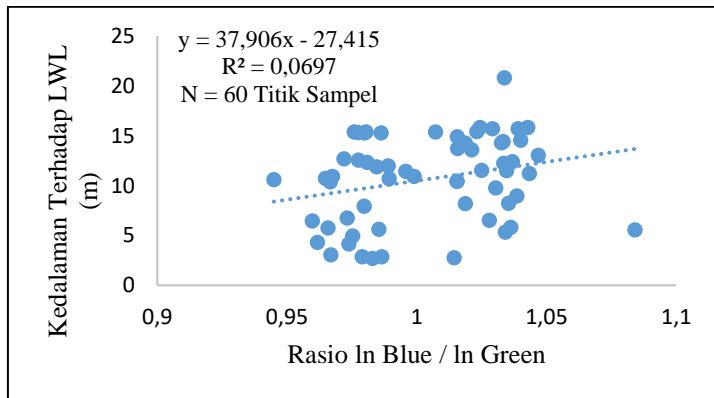
#### 4.5.2 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band

Kedalaman absolut dengan algoritma rasio band tidak dapat dibangun dengan menggunakan GWR. Seperti yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya, parameter GWR tidak dapat dibentuk dengan menggunakan nilai rasio dua kanal, sehingga kedalaman absolut berdasarkan algoritma ini diperoleh dengan membangun regresi lain, yaitu regresi linier (Persamaan 2. 11). Regresi linier dibangun dengan menggunakan rasio dua kanal (Tabel 4. 9) untuk menghasilkan nilai  $m_1$  dan  $m_0$  yang kemudian digunakan dalam menentukan nilai kedalaman absolut terhadap 60 titik sampel lainnya. Hanya saja pada metode ini, tidak dilakukan interpolasi terhadap parameter regresi karena semua titik dianggap memiliki nilai parameter regresi yang sama.

Persamaan model regresi linier yang digunakan terhadap hasil koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV dapat dilihat pada Gambar 4. 10 dan 4. 11. Nilai 44,316 dan 37,906 berperan sebagai  $m_0$  sedangkan -33,844 dan -27,415 berperan sebagai  $m_1$  untuk masing-masing pengolahan dengan hasil koreksi atmosfer.



Gambar 4. 10 Persamaan Regresi Estimasi Kedalaman Absolut dengan Koreksi Atmosfer FLAASH



Gambar 4. 11 Persamaan Regresi Estimasi Kedalaman Absolut dengan Koreksi Atmosfer 6SV

Keduanya memiliki nilai  $R^2$  yang rendah sehingga berpengaruh terhadap nilai kedalaman absolut. Dimana kedalaman absolut yang dihasilkan memiliki bias yang cukup besar hingga mencapai 8 meter pada titik tertentu. Kedalaman absolut estimasi ditunjukkan pada Tabel 4. 15 dan 4. 16.

Tabel 4. 15 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band dengan Koreksi Atmosfer FLAASH

[illegible]

Tabel 4. 16 Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band dengan Koreksi Atmosfer 6SV

Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)	Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)
4	5,540	12,162	6,622	223	15,390	9,808	5,586
8	7,150	8,556	1,406	226	15,380	10,192	5,188
11	11,200	9,304	1,90	230	15,380	9,855	5,525
14	10,790	9,300	1,490	234	15,430	11,246	4,184
18	2,700	10,078	7,378	243	15,420	11,598	3,822
25	12,120	9,3483	2,772	248	12,570	11,633	0,937
28	2,660	10,528	7,868	264	15,130	11,255	3,875
30	2,690	9,485	6,795	272	14,130	10,841	3,289
36	6,200	9,312	3,112	279	15,980	11,256	4,724
40	11,430	9,453	1,977	288	17,270	12,032	5,238
46	7,730	9,020	1,290	305	14,710	11,364	3,346
53	8,180	8,771	0,591	311	11,970	11,709	0,261
61	8,060	9,478	1,418	317	11,480	11,568	0,088
64	6,280	9,035	2,755	321	12,220	11,414	0,806
69	4,600	10,438	5,838	325	14,420	11,751	2,669
75	3,850	9,244	5,394	332	14,590	11,997	2,593
90	10,020	9,323	0,697	337	13,300	11,221	2,079
98	15,390	9,462	5,928	340	12,090	10,652	1,437
106	15,410	9,745	5,665	344	10,870	11,582	0,712
112	15,330	9,246	6,084	347	10,030	11,771	1,741
121	15,360	9,779	5,581	350	9,050	12,034	2,984
128	15,280	9,666	5,614	354	7,850	12,086	4,236
134	15,280	9,111	6,169	357	6,570	11,407	4,837
140	12,640	9,966	2,674	365	7,720	11,671	3,951
151	11,450	11,380	0,070	466	5,710	12,151	6,441
159	13,940	10,870	3,070	476	7,310	11,705	4,395
197	10,430	10,817	0,387	481	14,910	12,396	2,514
208	12,970	10,872	2,098	517	15,850	12,387	3,463
214	14,860	11,604	3,256	520	10,710	11,765	1,055
220	14,130	11,378	2,752	535	13,790	9,429	4,361
<b>Total Bias</b>							<b>204,990</b>

Rata-rata bias kedalaman absolut yang ditimbulkan berdasarkan algoritma rasio band adalah

lebih besar jika dibandingkan dengan bias yang ditimbulkan oleh algoritma VHS. Rata-rata tersebut sebesar 3,37 m (FLAASH) dan 3,42 m (6SV) untuk masing-masing titik sampel. Nilai ini mengindikasikan bahwa setiap titik kedalaman absolut hasil estimasi memiliki kemungkinan kesalahan sebesar nilai rata-rata bias tersebut.

Dari 60 jumlah sampel yang digunakan untuk proses akurasi, hanya 9 titik dari masing-masing hasil koreksi atmosfer yang memiliki bias kurang dari satu meter. Dimana kesembilan titik sampel tersebut berada pada rentang kedalaman 8,77 hingga 11,7 meter.

#### 4.6 Analisa Korelasi ( $R$ ) dan Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Lokal

GWR merupakan sebuah model atau metode regresi yang bersifat lokal atau hanya berlaku pada area pengamatan tertentu. Sehingga dengan adanya 60 titik sampel yang digunakan, maka didapatkan pula 60 korelasi serta koefisien determinasi lokal. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) lokal digunakan untuk menentukan baik tidaknya sebuah model pada suatu lokasi pengamatan tertentu. Sedangkan korelasi digunakan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara dua variabel, dalam hal ini adalah data hasil pengolahan berdasarkan dua algoritma (kedalaman absolut) dan data kedalaman pengukuran lapangan (insitu). Korelasi memiliki rentang nilai -1 sampai dengan 1, semakin dekat dengan nilai satu, maka korelasi atau hubungan antara dua variabel akan semakin kuat. Nilai koefisien determinasi dan korelasi lokal dari kedalaman absolut 60 titik sampel berdasarkan algoritma Van Hengel & Spitzer dijelaskan pada Tabel 4. 17.

Tabel 4. 17 Korelasi dan Koefisien Determinasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS

		<b>FLAASH</b>	<b>6SV</b>
$R^2$	Minimum	0,000005	0,000050
	Maksimum	0,195000	0,535000
	Rata-rata	0,036000	0,132000

		<b>FLAASH</b>	<b>6SV</b>
R	Minimum	0,002000	0,007000
	Maksimum	0,441000	0,732000
	Rata-rata	0,190000	0,364000

Berdasarkan Tabel 4. 17, dapat diketahui bahwa korelasi antara data kedalaman insitu dengan data kedalaman absolut berdasarkan pengolahan citra Pleiades-1B menggunakan algoritma Van Hengel & Spitzer adalah sangat rendah (untuk koreksi atmosfer FLAASH) dan rendah (untuk koreksi atmosfer 6SV). Hal tersebut mengindikasikan bahwa kedalaman relatif yang dihasilkan dari pengolahan citra sebenarnya tidak memiliki kaitan / hubungan yang kuat dengan kedalaman insitu, begitupun sebaliknya. Hal ini terjadi karena perubahan terhadap variabel prediktor *X* (kedalaman relatif) tidak diikuti perubahan pada variabel *Y* (kedalaman absolut) secara signifikan. Sehingga berdampak pada kedalaman absolut yang dihasilkan, yakni memiliki nilai bias yang cukup besar.

#### 4.7 Tingkat Akurasi Kedalaman Absolut Estimasi

Uji akurasi dimaksudkan untuk mengetahui sesuai atau tidaknya metode yang digunakan dalam mengestimasi kedalaman absolut. Atau dengan kata lain, uji akurasi digunakan untuk mengetahui seberapa benar kedalaman hasil estimasi terhadap data lapangan. Uji akurasi pada penelitian ini menggunakan dua metode, yakni NMAE dan RMSE, keduanya dikombinasi untuk mengetahui tingkat akurasi citra satelit Pleiades-1B dalam mengestimasi kedalaman perairan. Nilai yang digunakan untuk proses uji akurasi merupakan 60 titik sampel yang diambil secara acak dan tidak termasuk sampel yang digunakan untuk membangun model regresi. Hasil uji akurasi NMAE dan RMSE ditampilkan pada Tabel 4. 18 dan 4. 19.

Tabel 4. 18 Akurasi Estimasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS

	<b>NMAE</b>	<b>RMSE</b>
FLAASH	37,290 %	3,330
6SV	27,490 %	2,460

Berdasarkan Tabel 4. 18, keenam puluh sampel akurasi menghasilkan nilai NMAE sebesar 37,290 % dan 27,490 %. Sementara syarat NMAE suatu hasil pengolahan data adalah  $\leq 30$  %. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa kedalaman absolut berdasarkan algoritma VHS dengan koreksi atmosfer FLAASH tidak memenuhi syarat minimum nilai NMAE, sehingga data tersebut dianggap tidak akurat. Berbeda dengan hasil tersebut, kedalaman absolut dengan olahan menggunakan koreksi 6SV memiliki nilai NMAE yang memenuhi nilai kriteria minimum, sehingga kedalaman absolut berdasarkan metode koreksi tersebut dianggap valid terhadap data insitu. Sedangkan untuk nilai RMSE, nilai yang lebih baik dihasilkan oleh data dengan koreksi atmosfer 6SV yakni sebesar 2,460 dan 3,330 untuk FLAASH.

Berbeda dengan hasil algoritma Van Hengel & Spitzer, algoritma rasio band menghasilkan kedalaman absolut dengan nilai NMAE dan RMSE seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 19.

Tabel 4. 19 Akurasi Estimasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma Rasio Band

	<b>NMAE</b>	<b>RMSE</b>
FLAASH	43,790 %	3,940
6SV	43,890 %	3,980

Kedalaman absolut berdasarkan rasio band dengan koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV menghasilkan nilai NMAE yang melebihi syarat minimum, yakni sebesar 43,790 % dan 43,890 %. Sehingga dua data tersebut tidak layak dan tidak dapat dipercaya untuk dijadikan sebagai informasi



kedalaman karena memberikan informasi yang tidak akurat. Selain itu, nilai RMSE yang dihasilkan berdasarkan algoritma ini lebih besar jika dibandingkan dengan hasil algoritma VHS.

#### 4.8 Analisis Kesesuaian Algoritma Model

Proses dan hasil pengolahan data memberikan informasi bahwa tidak semua algoritma model sesuai untuk diterapkan di semua objek/lokasi perairan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh data yang digunakan, proses pre-prosesing serta kondisi fisik lokasi penelitian yang bersangkutan. Dalam penelitian ini, diterapkan dua metode koreksi atmosfer serta dua algoritma untuk mengestimasi kedalaman perairan dangkal dengan memanfaatkan citra Pleiads-1B. Namun tidak seluruhnya memberikan hasil yang memuaskan, hanya ada satu data yang dapat dipercaya dari total 4 variasi data kedalaman yang dihasilkan.

Data kedalaman yang dapat dipercaya tersebut merupakan hasil dari algoritma Van Hengel & Spitzer dengan koreksi atmosfer 6SV. Pengolahan tersebut menghasilkan nilai NMAE yang memenuhi syarat, yakni sebesar 27,490 %. Meskipun demikian, kombinasi algoritma model ini menghasilkan nilai RMSE yang cukup besar, yakni 2,460.

Berbeda dengan algoritma VHS, algoritma rasio band menghasilkan informasi kedalaman dengan NMAE yang melebihi syarat minimum, baik dengan koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV. Selain itu, besarnya nilai NMAE yang dihasilkan mengindikasikan bahwa algoritma rasio band tidak sesuai atau tidak tepat digunakan untuk mengestimasi kedalaman absolut menggunakan data satelit Pleiades-1B di perairan Gili Iyang.

Tidak diterapkannya GWR pada proses pengolahan berdasarkan algoritma rasio band diindikasikan sebagai salah satu penyebab tidak akuratnya kedalaman yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena dengan diterapkannya regresi linier, menunjukkan bahwa parameter regresi di semua titik kedalaman adalah dianggap sama. Namun pada

kenyataannya, kedalaman pada suatu titik memiliki kondisi yang belum tentu sama.

Variabel utama yang menjadi masukan pada algoritma rasio band merupakan nilai rasio dari  $ln$  kanal biru dan merah. Berdasarkan Tabel 4. 9 dan 4. 10 menunjukkan bahwa 60 titik sampel memiliki nilai rasio yang berdekatan dan hampir sama, dimana masing-masing nilai rasio tersebut mewakili kedalaman (insitu) yang berbeda-beda. Sehingga berpengaruh terhadap korelasi yang dihasilkan, semakin rendah korelasi maka semakin besar kemungkinan kesalahan pada kedalaman absolut estimasi. Terlebih lagi dengan tidak diterapkannya GWR, maka bias yang dihasilkan semakin besar.

Selain itu, hasil pengolahan menunjukkan bahwa metode koreksi atmosfer yang digunakan juga berpengaruh terhadap informasi citra yang dihasilkan. Oleh karena itu, penentuan metode koreksi atmosfer harus diperhatikan.

Sehingga dalam memanfaatkan citra satelit Pleiades-1B untuk melakukan estimasi kedalaman, koreksi atmosfer 6SV dan algoritma Van Hengel & Spitzer merupakan kombinasi model yang paling sesuai. Dengan diterapkannya GWR dalam tahap regresi dan IDW dalam proses interpolasi akan memaksimalkan akurasi informasi kedalaman yang dihasilkan. Meskipun dalam penelitian ini, nilai RMSE yang ditimbulkan masih cukup besar. Oleh karena itu, tetap perlu dilakukan kajian kembali mengenai algoritma yang paling sesuai untuk digunakan dalam estimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data satelit resolusi tinggi.

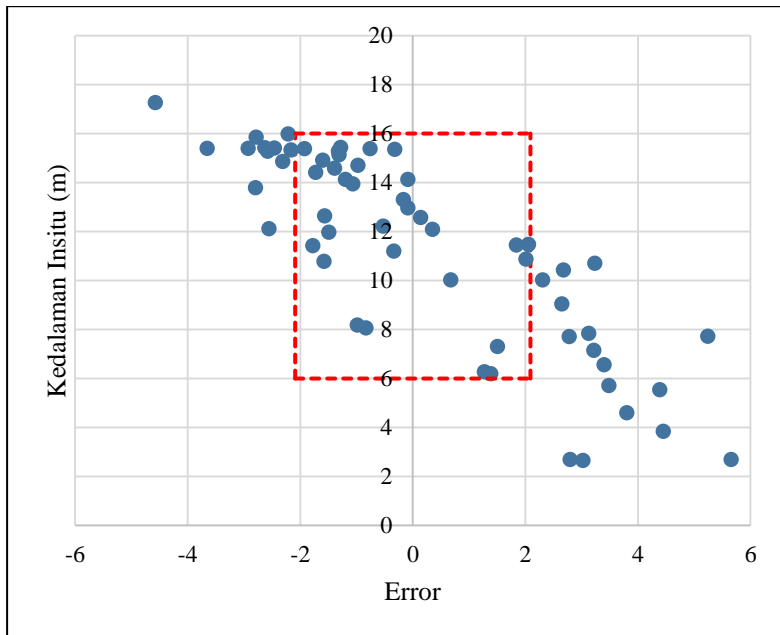
#### 4.9 Analisis Kemampuan Pleiades-1B dalam Mengestimasi Kedalaman Perairan

Berdasarkan penerapan algoritma Van Hengel & Spitzer serta koreksi atmosfer 6SV pada citra Pleiades-1B, didapatkan statistik bias yang ditampilkan pada Tabel 4. 20 seperti berikut.

Tabel 4. 20 Statistika Bias Kedalaman

	Nama Titik	Nilai Bias (m)	Kedalaman Insitu (m)
<b>Minimum Bias</b>	208	0,089	12,970
<b>Maksimum Bias</b>	18	5,659	2,700
<b>Rata-rata Bias</b>		2,090	

Tabel 4. 20 menunjukkan bahwa rata-rata bias yang terjadi pada masing-masing titik adalah sebesar 2,090 meter. Atas dasar tersebut diasumsikan bahwa kedalaman dengan bias kurang dari sama dengan 2,090 meter ( $\leq$  rata-rata) adalah masuk dalam toleransi kedalaman estimasi. Sementara titik kedalaman dengan bias lebih dari  $\pm 2,090$  meter dianggap tidak memenuhi toleransi. Grafik analisis sebaran bias 60 titik sampel ditampilkan pada Gambar 4. 11.



Gambar 4. 12 Sebaran Bias Kedalaman Absolut

Gambar tersebut menjelaskan sebaran bias yang ditimbulkan oleh kedalaman absolut terhadap kedalaman insitu. Sumbu Y merupakan nilai kedalaman insitu yang memisahkan sumbu X menjadi bagian negatif dan positif. Sumbu X dengan nilai negatif menunjukkan bahwa nilai kedalaman insitu lebih besar daripada nilai kedalaman absolut estimasi. Sebaliknya, sumbu X positif menunjukkan nilai insitu yang lebih kecil daripada nilai kedalaman absolut estimasi.

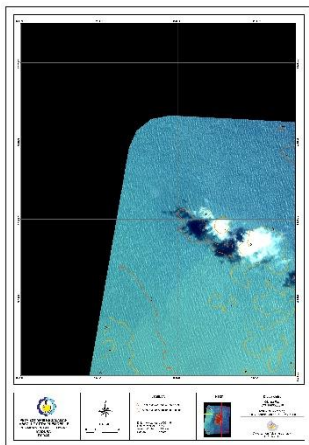
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. 10, kedalaman (insitu) di bawah 10 meter sebagian besar memiliki bias bernilai positif. Peristiwa ini mengindikasikan bahwa terjadi estimasi berlebih (*over estimated*) pada rentang kedalaman tersebut. Estimasi berlebih dapat disebabkan oleh gelombang elektromagnetik yang dipantulkan bukan hanya berasal dari perairan, melainkan juga dari dasar perairan (*seabed*). Mengingat nilai estimasi berlebih tersebut terjadi pada perairan dangkal 0 – 10 meter yang memungkinkan dasar perairan terlihat dari permukaan. Sehingga nilai reflektan yang diterima oleh sensor satelit memiliki nilai yang lebih besar dan berdampak pada informasi kedalaman yang dihasilkan (menjadi besar pula).

Berbeda dengan bias yang terjadi pada kedalaman (insitu) lebih dari 10 meter, bias yang dihasilkan sebagian besar bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan citra satelit dalam mengestimasi kedalaman perairan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Penurunan tersebut dapat terjadi akibat peristiwa penyerapan gelombang biru oleh perairan, sehingga informasi panjang gelombang yang dipantulkan menjadi melemah dan berdampak pada nilai kedalaman estimasi. Penyerapan terjadi akibat kejernihan air yang meningkat seiring dengan pertambahan kedalaman, akibat berkurangnya partikel-partikel yang bukan merupakan komposisi air sebenarnya (residu) seperti yang terjadi pada air permukaan.

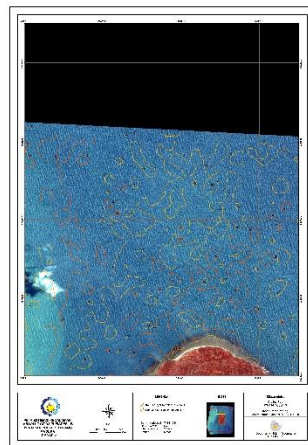
Berdasarkan Gambar 4. 10 juga dapat diketahui bahwa kedalaman optimum yang dapat diestimasi oleh citra Pleiades-1B dengan algoritma VHS berada pada rentang kedalaman 6 – 16 meter. Rentang kedalaman optimum tersebut ditentukan berdasarkan batas toleransi kesalahan/bias yang diperbolehkan, yakni sebesar  $\pm 2,090$  meter.

Hampir sama seperti hasil penelitian-penelitian sebelumnya, rata-rata citra satelit tidak mampu memberikan informasi kedalaman pada rentang kedalaman 0 – 5 meter. Jika saja bisa maka akan dihasilkan informasi kedalaman dengan bias yang besar seperti pada hasil penelitian ini. Sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai algoritma yang dapat digunakan untuk mengestimasi kedalaman perairan khususnya pada rentang kedalaman tersebut, mengingat tidak mungkin dilakukan survei menggunakan *echosounder* pada kedalaman tersebut.

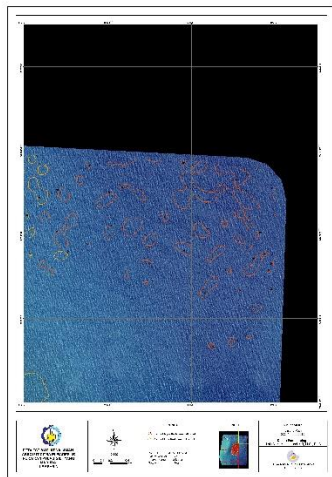
Peta estimasi sebaran kedalaman perairan Gili Iyang berdasarkan pengolahan citra satelit resolusi tinggi Pleiades-1B terbagi menjadi 9 NLP.



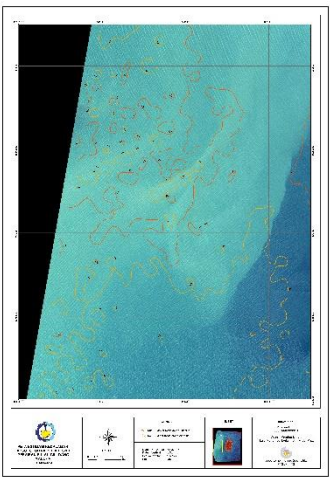
Gambar 4. 13 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 1)



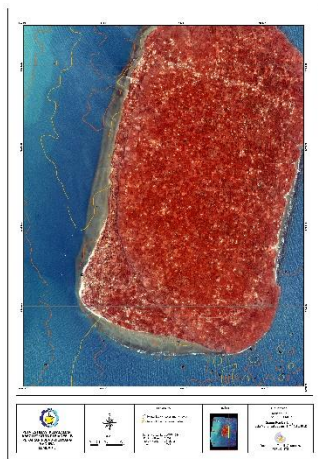
Gambar 4. 14 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 2)



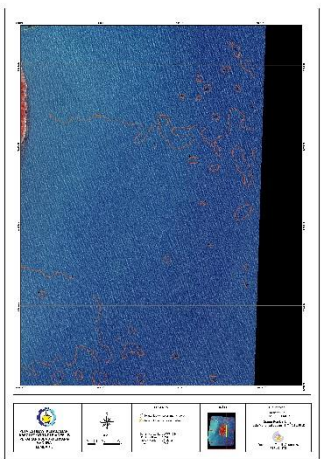
Gambar 4. 15 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 3)



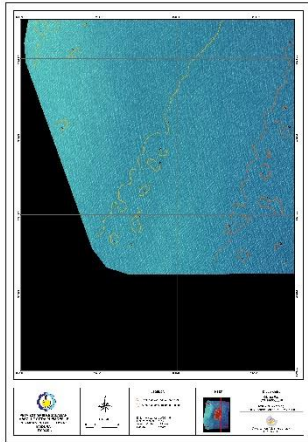
Gambar 4. 16 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 4)



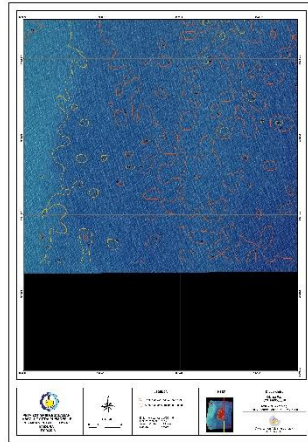
Gambar 4. 17 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 5)



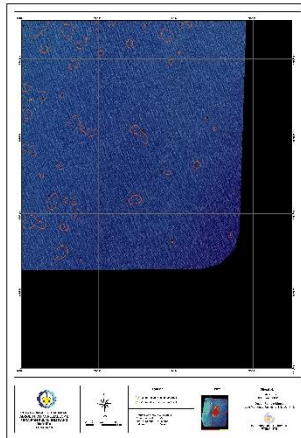
Gambar 4. 18 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 6)



Gambar 4. 19 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 7)



Gambar 4. 20 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 8)



Gambar 4. 21 Peta Estimasi Sebaran Kedalaman (Lembar 9)

Keempat gambar tersebut menampilkan kontur kedalaman perairan Gili Iyang pada kedalaman 6 – 16 meter dengan skala 1 : 5.000 (selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4). Berdasarkan hasil pengukuran insitu, diketahui

bahwa pada bagian barat Pulau Gili Iyang terdapat dua palung yang memiliki kedalaman maksimal 26 meter. Namun berdasarkan estimasi menggunakan Pleiades-1B, area tersebut didefinisikan memiliki kedalaman 10 – 14 meter atau tidak mampu menunjukkan adanya palung pada area tersebut. Hal ini semakin menguatkan bahwa gelombang elektromagnetik tidak mampu menembus perairan dalam. Begitupun dengan perairan di pesisir pulau Gili Iyang yang tidak dapat didefinisikan oleh Pleiades-1B, dimana berdasarkan pengukuran insitu area tersebut memiliki kedalaman  $\pm 3$  meter.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan mengenai hasil penelitian sekaligus saran untuk penelitian-penelitian berikutnya sebagaimana diuraikan dalam poin-poin berikut :

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis terhadap hasil penelitian tugas akhir tentang pemetaan batimetri dengan teknologi penginderaan jauh ini adalah sebagai berikut :

- a. Citra satelit Pleiades-1B menghasilkan peta batimetri perairan Gili Iyang, Jawa Timur dengan skala 1 : 5.000 yang terbagi menjadi 9 NLP.
- b. Estimasi kedalaman absolut yang diperoleh dengan membangun *geographically weighted regression (GWR)* pada citra Pleiades-1B hanya dapat diterapkan pada kedalaman relatif berdasarkan Algoritma Van Hengel & Spitzer. GWR tidak dapat diterapkan pada algoritma rasio band karena terjadi *redundant* terhadap rasio antara kanal biru dan merah yang dihasilkan, sehingga parameter-parameter GWR tidak dapat dibangun. Oleh karena itu diterapkan regresi linier dalam mengestimasi kedalaman absolut berdasarkan algoritma rasio band tersebut.
- c. Nilai korelasi antara kedalaman absolut berdasarkan citra Pleiades-1B dengan kedalaman insitu termasuk rendah, baik berdasarkan koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV, serta algoritma Van Hengel & Spitzer maupun algoritma rasio band. Korelasi yang dihasilkan algoritma VHS dengan koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV adalah sebesar 0,190 (rata-rata) dan 0,364 (rata-rata). Sedangkan algoritma rasio band dengan koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV sebesar 0,246 dan 0,264. Hasil uji akurasi

estimasi kedalaman absolut menunjukkan nilai NMAE yang memenuhi syarat hanya pada hasil pengolahan berdasarkan algoritma VHS dengan koreksi atmosfer 6SV (27,490 %) dengan RMSE 2,460 m, sedangkan koreksi atmosfer FLAASH menunjukkan nilai NMAE 37,290 % dengan RMSE 3,330 m. Namun berbeda dengan hasil dari algoritma rasio band, baik berdasarkan koreksi atmosfer FLAASH maupun 6SV keduanya memberikan nilai NMAE yang melebihi syarat minimum yakni 43,790 % dan 43,890 % dengan RMSE 3,940 dan 3,980 m. Dari hasil tersebut diketahui bahwa korelasi antara dua data adalah rendah baik untuk data yang dapat diterima ( $NMAE \leq 30 \%$ ) maupun yang tidak dapat diterima, sehingga perlu dikaji algoritma yang paling sesuai untuk mengestimasi kedalaman berdasarkan citra Pleiades-1B.

- d. Citra Pleiades-1B memberikan rentang kedalaman absolut terbaik pada rentang kedalaman 6 – 16 meter. Sementara kedalaman absolut lebih dari 16 meter dan kurang dari 6 meter tidak dapat diestimasi dengan baik oleh citra satelit Pleiades-1B. Sedangkan algoritma lain memberikan nilai kedalaman yang tidak dapat dipercaya.

## 5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian berikutnya ialah :

- a. Data citra yang digunakan sebaiknya terbebas dari gangguan awan, sehingga informasi yang dihasilkan tidak mengandung bias yang besar.
- b. Perlu dilakukan penelitian kembali mengenai algoritma yang tepat digunakan untuk mengestimasi nilai kedalaman perairan dangkal, khususnya pada kedalaman 0 – 5 meter. Baik dengan memanfaatkan citra satelit resolusi tinggi maupun menengah.
- c. Perlu dilakukan pengkajian kembali mengenai penggunaan algoritma rasio band dalam proses estimasi

perairan, mengingat dalam penelitian ini algoritma tersebut tidak menghasilkan informasi yang akurat.

- d. Pemilihan sampel sebaiknya ditentukan dengan memperhatikan keanekaragaman kedalaman berdasarkan data insitu, karena hal ini akan berpengaruh dalam proses pembangunan regresi.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTRIUM GEO-Information Services. 2012. *Pléiades Imagery User Guide*. ATRIUM an EADS Company.
- Badan Standardisasi Nasional. 2010. “Standar Nasional Indonesia 7646:2010 Survei Hidrografi Menggunakan Single Beam Echosounder.”
- Bierwirth, P. N., T. J. Lee, dan R. V. Burne. 1993. “Shallow Sea-Floor Reflectance and Water Depth Derived by Unmixing Multispectral Imagery.” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 59 (3):331–38.
- BIG. 2017. “Jumlah Pulau Indonesia Sebanyak 16,056 Pulau Masih Bisa Bertambah Lagi.” 2017. <http://www.big.go.id/berita-surta/show/jumlah-pulau-indonesia-sebanyak-16-056-pulau-masih-bisa-bertambah-lagi>.
- Bobsaid, M. W., dan L. M. Jaelani. 2017. “Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus : Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura).” *Jurnal Teknik*, 6–11.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- ENVI. 2009. “ENVI Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User’s Guide.” *Module Version*, 44. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:ENVI+Atmospheric+Correction+Module:+QUAC+and+FLAASH+user’s+guide#0>.
- Fibriawati, Liana. 2016. “Koreksi Atmosfer Citra SPOT-6 Menggunakan Metode MODTRAN4 Atmospheric Correction of SPOT-6 Image With MODTRAN4 Method.” *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 98–104.

- Fotheringham, A. S., M. E. Charlton, dan C. Brundson. 2002. "Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships." In . New York: Wiley.
- Fotheringham, A. S., M. E. Charlton, dan C. Brunsdon. 1998. "Geographically Weighted Regression: A Natural Evolution of the Expansion Method for Spatial Data Analysis." *Environment and Planning A* 30 (11):1905–27. <https://doi.org/10.1068/a301905>.
- Friendlander, A. M., E. K. Brown, dan M. E. Monaco. 2007. "Ecology and GIS to Evaluate Efficacy of Marine Protected Areas in Hawaii." *Ecological Application*, 715–30.
- Gao, Bo-cai. 1996. "NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space" 266 (April 1995):257–66.
- Guenther, G. C., R. W. L. Thomas, dan P. E. LaRocque. 1996. "Design Considerations for Achieving High Accuracy with the SHOALS Bathymetry Lidar System." *SPIE: Laser Remote Sensing of Natural Waters, from Theory to Practice*, 26–37.
- Guntur, P., dan D. Wawan. 2012. *Pemetaan Terumbu Karang Teori, Metode, dan Praktek*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Hengel, W. V., dan D Spitzer. 1991. "Multi-temporal Water Depth Mapping by Means of Landsat TM." *International Journal of Remote Sensing* 12 (4):703–12.
- Jaelani, L. M. 2013. "Kalibrasi Radiometrik : Mengubah Digital Number (DN) ke Radiance dan/atau Reflectance." 2013. [lmjaelani.com/2013/12/kalibrasi-radiometrik-mengubah-digital-number-dn-ke-radiance-danatau-reflectance/](http://lmjaelani.com/2013/12/kalibrasi-radiometrik-mengubah-digital-number-dn-ke-radiance-danatau-reflectance/).
- . 2016. "Teori Dasar Koreksi Atmosfer." 2016. [lmjaelani.com/2016/04/slide-teori-dasarkoreksi-atmosfer/](http://lmjaelani.com/2016/04/slide-teori-dasarkoreksi-atmosfer/).

- Jaelani, L. M., Fajar Setiawan, dan Bunkei Matsushita. 2015. "Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang." *Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia*, no. February:464–70. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1391.9446>.
- Jerlov, N. G. 1976. *Marine Optics*. Elsevier O. Amsterdam.
- Katoppo, P. 2000. *Kamus Hidrografi*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Lestari, Alia. 2013. "Perbandingan Metode Regresi Biasa dengan Geographically Weighted Regression Dalam Memodelkan Data Columbus Di Software R 2.6.1." *Al-Khwarizmi* I:33–42.
- Lyzenga, David R. 1978. "Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features." *Applied Optics* 17 (3):379. <https://doi.org/10.1364/AO.17.000379>.
- . 1981. "Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and LANDSAT Data." *International Journal of Remote Sensing* 2 (1):71–82. <https://doi.org/10.1080/01431168108948342>.
- Miller, Harvey J. 2004. "Tobler's First Law and Spatial Analysis." *Annals of the Association of American Geographers* 94 (2):284–89. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.09402005.x>.
- NCGIA. 2007. "Interpolation : Inverse Distance Weighting." 2007. <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/spherekit/inverse.html>.
- Nurkhayati, R., dan N. Khakhim. 2013. "Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Quickbird di Perairan Taman Nasional Karimun Jawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah." *Jurnal Bumi Indonesia* 2 (2):140–48.
- Nybakken, J. 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi*.

Jakarta: Gramedia.

- Poerbandono, dan Djunarsjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Pramono, Gatot H. 2008. "Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan." *Forum Geografi* 22 (1):145–58.
- Sager, W. 1998. "Measuring the Depth. Quarterdeck Online Winter 1998 / Spring 1999, 1998." 1998.
- Said, C. N. MD., M. R. Mahmud, dan R. C. Hasan. 2017. "Satellite-Derived Bathymetry: Accuracy Assessment on Depths Derivation Algorithm for Shallow Water Area." *ResearchGate*, no. October.
- Satellite Imaging Corporation. 2012. "Pleiades-1B Satellite Sensor (0.5 m)." 2012. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1b/>.
- Setyawan, Iwan Erik. 2015. *Pemetaan Profil Topografi Dasar Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Stumpf, R. P., K. Holderied, dan M. Sinclair. 2003. "Determination of Water Depth with High-Resolution Satellite Imagery Over Variable Bottom Types." *Limonology And Oceanography* 48:547–56.  
[https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.1\\_part\\_2.0547](https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547).
- Su, H., H. Liu, dan W. D. Heyman. 2008. "Automated Derivation of Bathymetric Information from Multi-Spectral Satellite Imagery Using a Non-Linear Inversion Model." *Marine Geodesy* 31 (4):281–98.
- Subarno, T., V. P. Siregar, dan S. P. Agus. 2015. "Evaluasi Citra WorldView-2 untuk Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Pulau Kelapa-Harapan Menggunakan Algoritma



Rasio Band.” *Geoplanning* 2 (1):30–37.

Sugiono. 2007. *Hipotesis Statistik*. Universitas Pendidikan Indonesia.

Vermote, E. F., D. Tanré, J. L. Deuzé, M. Herman, dan J. J. Morcrette. 1997. “Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An Overview.” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 35 (3):675–86. <https://doi.org/10.1109/36.581987>.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Metadata Citra Satelit Pleiades-1B Perairan Gili Iyang

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<?xml-stylesheet href="LIBRARY/STYLE.XSL"
type="text/xsl"?>
<Dimap_Document>
  <Metadata_Identification>
    <METADATA_FORMAT
version="2.15">DIMAP</METADATA_FORMAT>

<METADATA_PROFILE>PHR_ORTHO</METADATA_PROFIL
E>

<METADATA_SUBPROFILE>PRODUCT</METADATA_SUBPR
OFILE>

<METADATA_LANGUAGE>en</METADATA_LANGUAGE>
  </Metadata_Identification>
  <Dataset_Identification>

<DATASET_TYPE>RASTER_ORTHO</DATASET_TYPE>
  <DATASET_NAME
version="1.0">DS_PHR1B_201510060248318_FR1_P
X_E114S07_0303_01004</DATASET_NAME>
  <DATASET_TN_PATH
href="ICON_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2414
239201-002.JPG"/>

<DATASET_TN_FORMAT>image/jpeg</DATASET_TN_FO
RMAT>
  <DATASET_QL_PATH
href="PREVIEW_PHR1B_MS_201510060249066_ORT_2
414239201-002.JPG"/>
```

```

<DATASET_QL_FORMAT>image/jpeg</DATASET_QL_FO
RMAT>
    <Legal_Constraints>
        <COPYRIGHT>Â©CNES_2015,
distribution AIRBUS DS, France, all rights
reserved</COPYRIGHT>
    </Legal_Constraints>
    </Dataset_Identification>
    <Dataset_Content>
        <SURFACE_AREA unit="square
km">101.426</SURFACE_AREA>
        <CLOUD_COVERAGE
unit="percent">0.55</CLOUD_COVERAGE>
        <SNOW_COVERAGE
unit="percent">0</SNOW_COVERAGE>
        <Dataset_Components>
            <Component>

<COMPONENT_TITLE>Processing</COMPONENT_TITLE
>
            <COMPONENT_CONTENT>Lineage
Information</COMPONENT_CONTENT>

<COMPONENT_TYPE>DIMAP</COMPONENT_TYPE>
    <COMPONENT_PATH
href="LINEAGE/PROCESSING_PHR1B_MS_2015100602
49066_ORT_2414239201-002_DIM.XML"/>
    </Component>
    <Component>
        <COMPONENT_TITLE>Strip
Source</COMPONENT_TITLE>
        <COMPONENT_CONTENT>Lineage
Information</COMPONENT_CONTENT>

<COMPONENT_TYPE>DIMAP</COMPONENT_TYPE>

```

```

        <COMPONENT_PATH
href="LINEAGE/STRIP_DS_PHR1B_201510060249066
_FR1_PX_E114S08_0305_19106_DIM.XML"/>
    </Component>
    <Component>
        <COMPONENT_TITLE>Source for
Vertical reset</COMPONENT_TITLE>
        <COMPONENT_CONTENT>Lineage
Information</COMPONENT_CONTENT>

<COMPONENT_TYPE>DIMAP</COMPONENT_TYPE>
    <COMPONENT_PATH
href="LINEAGE/HEIGHT_R3D_DT2_S07E114_DIM.XML
"/>
    </Component>
    <Component>
        <COMPONENT_TITLE>Source for
Vertical reset</COMPONENT_TITLE>
        <COMPONENT_CONTENT>Lineage
Information</COMPONENT_CONTENT>

<COMPONENT_TYPE>DIMAP</COMPONENT_TYPE>
    <COMPONENT_PATH
href="LINEAGE/HEIGHT_R3D_DT2_S08E114_DIM.XML
"/>
    </Component>
</Dataset_Components>
<Dataset_Extent>

<EXTENT_TYPE>Bounding_Polygon</EXTENT_TYPE>
    <Vertex>
        <LON>114.1235</LON>
        <LAT>-6.937907407407407</LAT>
        <COL>1</COL>
        <ROW>1</ROW>
    </Vertex>

```

```

<Vertex>
  <LON>114.2150925925926</LON>
  <LAT>-6.937907407407407</LAT>
  <COL>4947</COL>
  <ROW>1</ROW>
</Vertex>
<Vertex>
  <LON>114.2150925925926</LON>
  <LAT>-7.038092592592593</LAT>
  <COL>4947</COL>
  <ROW>5411</ROW>
</Vertex>
<Vertex>
  <LON>114.1235</LON>
  <LAT>-7.038092592592593</LAT>
  <COL>1</COL>
  <ROW>5411</ROW>
</Vertex>
<Center>
  <LON>114.1692962962964</LON>
  <LAT>-6.988</LAT>
  <COL>2474</COL>
  <ROW>2706</ROW>
</Center>
</Dataset_Extent>
</Dataset_Content>
<Product_Information>
  <Producer_Information>
    <PRODUCER_NAME>AIRBUS DS
GEO</PRODUCER_NAME>
    <PRODUCER_URL href="http://www.geo-
airbusds.com"/>

```

## Lampiran 2. Data Pengukuran Kedalaman Lapangan Perairan Gili Iyang

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
1	15-Oct-15	8:27:32	8:15:00	8,459	8,250	1,170	1,140	5,750	0,400	0,540	9227084,231	186622,728	5,540
2	15-Oct-15	8:28:32	8:15:00	8,476	8,250	1,170	1,140	5,770	0,400	0,540	9226981,005	186591,859	5,570
3	15-Oct-15	8:29:32	8:15:00	8,492	8,250	1,170	1,140	5,780	0,400	0,540	9226892,182	186563,717	5,580
4	15-Oct-15	8:30:32	8:30:00	8,509	8,500	1,200	1,200	5,800	0,400	0,540	9226743,841	186523,969	5,540
5	15-Oct-15	8:31:32	8:30:00	8,526	8,500	1,200	1,190	5,820	0,400	0,540	9226628,928	186486,313	5,570
6	15-Oct-15	8:32:32	8:30:00	8,542	8,500	1,200	1,190	5,880	0,400	0,540	9226521,156	186404,100	5,630
7	15-Oct-15	8:33:32	8:30:00	8,559	8,500	1,200	1,190	2,950	0,400	0,540	9226341,769	186284,355	2,710
8	15-Oct-15	8:34:32	8:30:00	8,576	8,500	1,200	1,180	7,400	0,400	0,540	9226136,756	186138,951	7,150
9	15-Oct-15	8:35:32	8:30:00	8,592	8,500	1,200	1,180	5,990	0,400	0,540	9225880,490	186087,632	5,750
10	15-Oct-15	8:36:32	8:30:00	8,609	8,500	1,200	1,170	10,140	0,400	0,540	9225658,393	186087,632	9,910
11	15-Oct-15	8:37:32	8:30:00	8,626	8,500	1,200	1,170	11,430	0,400	0,540	9225461,922	186121,845	11,200
12	15-Oct-15	8:38:32	8:30:00	8,642	8,500	1,200	1,170	11,140	0,400	0,540	9225273,994	186258,696	10,910
13	15-Oct-15	8:39:32	8:30:00	8,659	8,500	1,200	1,160	11,660	0,400	0,540	9225060,439	186369,887	11,430
14	15-Oct-15	8:40:32	8:30:00	8,676	8,500	1,200	1,160	11,010	0,400	0,540	9224957,933	186558,057	10,790
15	15-Oct-15	8:41:32	8:30:00	8,692	8,500	1,200	1,150	2,990	0,400	0,540	9224812,715	186900,184	2,770
16	15-Oct-15	8:42:32	8:30:00	8,709	8,500	1,200	1,150	4,290	0,400	0,540	9224710,209	187079,801	4,080
17	15-Oct-15	8:43:32	8:30:00	8,726	8,500	1,200	1,150	3,280	0,400	0,540	9224650,413	187362,056	3,070
18	15-Oct-15	8:44:32	8:30:00	8,742	8,500	1,200	1,140	2,900	0,400	0,540	9224607,702	187687,077	2,700
19	15-Oct-15	8:45:32	8:45:00	8,759	8,750	1,260	1,260	2,900	0,400	0,540	9224582,076	187909,460	2,580
20	15-Oct-15	8:46:32	8:45:00	8,776	8,750	1,260	1,260	4,480	0,400	0,540	9224564,991	188174,609	4,160
21	15-Oct-15	8:47:32	8:45:00	8,792	8,750	1,260	1,250	11,760	0,400	0,540	9224616,244	188525,289	11,450
22	15-Oct-15	8:48:32	8:45:00	8,809	8,750	1,260	1,250	12,180	0,400	0,540	9224744,377	188722,013	11,870
23	15-Oct-15	8:49:32	8:45:00	8,826	8,750	1,260	1,250	12,850	0,400	0,540	9224829,799	188875,970	12,540
24	15-Oct-15	8:50:32	8:45:00	8,842	8,750	1,260	1,250	12,270	0,400	0,540	9225026,270	188978,608	11,970

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
25	15-Oct-15	8:51:32	8:45:00	8,859	8,750	1,260	1,240	12,420	0,400	0,540	9225256,910	189115,459	12,120
26	15-Oct-15	8:52:32	8:45:00	8,876	8,750	1,260	1,240	10,680	0,400	0,540	9225453,380	189115,459	10,380
27	15-Oct-15	8:53:32	8:45:00	8,892	8,750	1,260	1,240	2,900	0,400	0,540	9225692,562	189124,012	2,600
28	15-Oct-15	8:54:32	8:45:00	8,909	8,750	1,260	1,230	2,950	0,400	0,540	9225923,201	189124,012	2,660
29	15-Oct-15	8:55:32	8:45:00	8,926	8,750	1,260	1,230	3,010	0,400	0,540	9226153,841	189124,012	2,720
30	15-Oct-15	8:56:32	8:45:00	8,942	8,750	1,260	1,230	2,980	0,400	0,540	9226324,685	189158,225	2,690
31	15-Oct-15	8:57:32	8:45:00	8,959	8,750	1,260	1,230	2,930	0,400	0,540	9226589,493	189192,438	2,640
32	15-Oct-15	8:58:32	8:45:00	8,976	8,750	1,260	1,220	4,600	0,400	0,540	9226788,731	189265,877	4,310
33	15-Oct-15	8:59:32	8:45:00	8,992	8,750	1,260	1,220	5,310	0,400	0,540	9226984,737	189280,974	5,030
34	15-Oct-15	9:00:32	9:00:00	9,009	9,000	1,300	1,300	7,700	0,400	0,540	9227143,049	189356,458	7,340
35	15-Oct-15	9:01:32	9:00:00	9,026	9,000	1,300	1,300	6,820	0,400	0,540	9227384,287	189371,554	6,460
36	15-Oct-15	9:02:32	9:00:00	9,042	9,000	1,300	1,290	6,560	0,400	0,540	9227655,679	189386,651	6,200
37	15-Oct-15	9:03:32	9:00:00	9,059	9,000	1,300	1,290	8,300	0,400	0,540	9227969,414	189439,142	7,940
38	15-Oct-15	9:04:32	9:00:00	9,076	9,000	1,300	1,290	10,640	0,400	0,540	9228160,904	189449,794	10,290
39	15-Oct-15	9:05:32	9:00:00	9,092	9,000	1,300	1,290	11,280	0,400	0,540	9228426,864	189396,533	10,930
40	15-Oct-15	9:06:32	9:00:00	9,109	9,000	1,300	1,290	11,770	0,400	0,540	9228618,355	189364,577	11,430
41	15-Oct-15	9:07:32	9:00:00	9,126	9,000	1,300	1,280	12,400	0,400	0,540	9228797,014	189290,626	12,050
42	15-Oct-15	9:08:32	9:00:00	9,142	9,000	1,300	1,280	12,900	0,400	0,540	9228983,575	189200,962	12,550
43	15-Oct-15	9:09:32	9:00:00	9,159	9,000	1,300	1,280	12,660	0,400	0,540	9229162,673	189021,633	12,320
44	15-Oct-15	9:10:32	9:00:00	9,176	9,000	1,300	1,280	12,250	0,400	0,540	9229282,072	188872,193	11,910
45	15-Oct-15	9:11:32	9:00:00	9,192	9,000	1,300	1,280	11,040	0,400	0,540	9229379,084	188692,864	10,700
46	15-Oct-15	9:12:32	9:00:00	9,209	9,000	1,300	1,270	8,070	0,400	0,540	9229491,021	188446,287	7,730
47	15-Oct-15	9:13:32	9:00:00	9,226	9,000	1,300	1,270	6,200	0,400	0,540	9229528,333	188237,070	5,870
48	15-Oct-15	9:14:32	9:00:00	9,242	9,000	1,300	1,270	3,210	0,400	0,540	9229520,870	188065,214	2,880
49	15-Oct-15	9:15:32	9:15:00	9,259	9,250	1,330	1,330	4,410	0,400	0,540	9229520,870	187863,469	4,020



No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
50	15-Oct-15	9:16:32	9:15:00	9,276	9,250	1,330	1,320	4,090	0,400	0,540	9229505,945	187706,556	3,710
51	15-Oct-15	9:17:32	9:15:00	9,292	9,250	1,330	1,320	3,780	0,400	0,540	9229438,783	187609,420	3,400
52	15-Oct-15	9:18:32	9:15:00	9,309	9,250	1,330	1,310	5,330	0,400	0,540	9229326,847	187482,395	4,960
53	15-Oct-15	9:19:32	9:15:00	9,326	9,250	1,330	1,310	8,550	0,400	0,540	9229252,223	187258,235	8,180
54	15-Oct-15	9:20:32	9:15:00	9,342	9,250	1,330	1,300	11,030	0,400	0,540	9229199,986	187093,850	10,660
55	15-Oct-15	9:21:32	9:15:00	9,359	9,250	1,330	1,300	11,080	0,400	0,540	9229080,587	186966,826	10,720
56	15-Oct-15	9:22:32	9:15:00	9,376	9,250	1,330	1,290	10,910	0,400	0,540	9228953,725	186914,521	10,550
57	15-Oct-15	9:23:32	9:15:00	9,392	9,250	1,330	1,290	5,100	0,400	0,540	9228819,402	186914,521	4,750
58	15-Oct-15	9:24:32	9:15:00	9,409	9,250	1,330	1,290	7,350	0,400	0,540	9228677,615	186847,273	7,000
59	15-Oct-15	9:25:32	9:15:00	9,426	9,250	1,330	1,280	10,950	0,400	0,540	9228647,766	186705,305	10,610
60	15-Oct-15	9:26:32	9:15:00	9,442	9,250	1,330	1,280	8,290	0,400	0,540	9228498,517	186690,361	7,950
61	15-Oct-15	9:27:32	9:15:00	9,459	9,250	1,330	1,270	8,400	0,400	0,540	9228349,268	186667,945	8,060
62	15-Oct-15	9:28:32	9:15:00	9,476	9,250	1,330	1,270	7,070	0,400	0,540	9228237,332	186645,528	6,750
63	15-Oct-15	9:29:32	9:15:00	9,492	9,250	1,330	1,260	7,200	0,400	0,540	9228117,933	186555,864	6,870
64	15-Oct-15	9:30:32	9:30:00	9,509	9,500	1,400	1,400	6,740	0,400	0,540	9227945,954	186577,524	6,280
65	15-Oct-15	9:31:32	9:30:00	9,526	9,500	1,400	1,400	3,310	0,400	0,540	9227816,783	186583,403	2,860
66	15-Oct-15	9:32:32	9:30:00	9,542	9,500	1,400	1,390	5,080	0,400	0,540	9227705,225	186571,645	4,630
67	15-Oct-15	9:33:32	9:30:00	9,559	9,500	1,400	1,390	4,620	0,400	0,540	9227570,181	186542,250	4,170
68	15-Oct-15	9:34:32	9:30:00	9,576	9,500	1,400	1,390	4,510	0,400	0,540	9227464,495	186518,734	4,060
69	15-Oct-15	9:35:32	9:30:00	9,592	9,500	1,400	1,390	5,050	0,400	0,540	9227385,118	186512,036	4,600
70	15-Oct-15	9:36:32	9:30:00	9,609	9,500	1,400	1,390	5,430	0,400	0,540	9227323,926	186506,930	4,980
71	15-Oct-15	9:37:32	9:30:00	9,626	9,500	1,400	1,380	5,900	0,400	0,540	9227280,582	186509,483	5,450
72	15-Oct-15	9:38:32	9:30:00	9,642	9,500	1,400	1,380	5,900	0,400	0,540	9227234,688	186499,272	5,460
73	15-Oct-15	9:39:32	9:30:00	9,659	9,500	1,400	1,380	5,300	0,400	0,540	9227178,596	186486,507	4,860
74	15-Oct-15	9:40:32	9:30:00	9,676	9,500	1,400	1,380	5,240	0,400	0,540	9227125,053	186481,401	4,800

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
75	15-Oct-15	9:41:32	9:30:00	9,692	9,500	1,400	1,380	4,290	0,400	0,540	9227069,145	186468,056	3,850
76	15-Oct-15	9:42:32	9:30:00	9,709	9,500	1,400	1,370	3,540	0,400	0,540	9227026,393	186452,285	3,110
77	15-Oct-15	9:43:32	9:30:00	9,726	9,500	1,400	1,370	3,930	0,400	0,540	9226983,640	186447,779	3,500
78	15-Oct-15	9:44:32	9:30:00	9,742	9,500	1,400	1,370	4,660	0,400	0,540	9226938,638	186447,779	4,230
79	15-Oct-15	9:45:32	9:45:00	9,759	9,750	1,430	1,430	3,980	0,400	0,540	9226904,886	186432,008	3,490
80	15-Oct-15	9:46:32	9:45:00	9,776	9,750	1,430	1,430	4,220	0,400	0,540	9226857,633	186427,502	3,740
81	15-Oct-15	9:47:32	9:45:00	9,792	9,750	1,430	1,420	3,790	0,400	0,540	9226814,881	186411,731	3,310
82	15-Oct-15	9:48:32	9:45:00	9,809	9,750	1,430	1,420	3,560	0,400	0,540	9226778,879	186395,959	3,080
83	15-Oct-15	9:49:32	9:45:00	9,826	9,750	1,430	1,420	3,340	0,400	0,540	9226741,422	186379,899	2,860
84	15-Oct-15	9:50:32	9:45:00	9,842	9,750	1,430	1,420	3,040	0,400	0,540	9226703,692	186354,051	2,570
85	15-Oct-15	9:51:32	9:45:00	9,859	9,750	1,430	1,410	3,350	0,400	0,540	9226677,877	186336,156	2,880
86	15-Oct-15	9:52:32	9:45:00	9,876	9,750	1,430	1,410	4,380	0,400	0,540	9226648,090	186298,377	3,910
87	15-Oct-15	9:53:32	9:45:00	9,892	9,750	1,430	1,410	6,170	0,400	0,540	9226608,374	186238,727	5,700
88	15-Oct-15	9:54:32	9:45:00	9,909	9,750	1,430	1,400	7,000	0,400	0,540	9226580,573	186208,902	6,540
89	15-Oct-15	9:55:32	9:45:00	9,926	9,750	1,430	1,400	7,900	0,400	0,540	9226542,844	186175,101	7,440
90	15-Oct-15	9:56:32	9:45:00	9,942	9,750	1,430	1,400	10,480	0,400	0,540	9226507,008	186095,510	10,020
91	15-Oct-15	9:57:32	9:45:00	9,959	9,750	1,430	1,400	12,130	0,400	0,540	9226427,110	186023,509	11,680
92	15-Oct-15	9:58:32	9:45:00	9,976	9,750	1,430	1,390	13,130	0,400	0,540	9226367,186	185975,508	12,680
93	15-Oct-15	9:59:32	9:45:00	9,992	9,750	1,430	1,390	15,630	0,400	0,540	9226267,314	185931,508	15,170
94	15-Oct-15	10:00:32	10:00:00	10,009	10,000	1,470	1,470	15,900	0,400	0,540	9226219,669	185929,081	15,370
95	15-Oct-15	10:01:32	10:00:00	10,026	10,000	1,470	1,460	15,900	0,400	0,540	9226144,973	185905,462	15,380
96	15-Oct-15	10:02:32	10:00:00	10,042	10,000	1,470	1,460	15,900	0,400	0,540	9226089,933	185887,748	15,380
97	15-Oct-15	10:03:32	10:00:00	10,059	10,000	1,470	1,460	15,900	0,400	0,540	9226039,205	185854,086	15,380
98	15-Oct-15	10:04:32	10:00:00	10,076	10,000	1,470	1,450	15,900	0,400	0,540	9226006,461	185832,871	15,390
99	15-Oct-15	10:05:32	10:00:00	10,092	10,000	1,470	1,450	15,900	0,400	0,540	9225956,525	185768,538	15,390

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
100	15-Oct-15	10:06:32	10:00:00	10,109	10,000	1,470	1,450	15,900	0,400	0,540	9225901,809	185747,994	15,390
101	15-Oct-15	10:07:32	10:00:00	10,126	10,000	1,470	1,440	15,900	0,400	0,540	9225829,996	185713,753	15,400
102	15-Oct-15	10:08:32	10:00:00	10,142	10,000	1,470	1,440	15,900	0,400	0,540	9225737,664	185652,119	15,400
103	15-Oct-15	10:09:32	10:00:00	10,159	10,000	1,470	1,440	15,900	0,400	0,540	9225634,416	185590,329	15,400
104	15-Oct-15	10:10:32	10:00:00	10,176	10,000	1,470	1,430	15,900	0,400	0,540	9225636,602	185486,838	15,410
105	15-Oct-15	10:11:32	10:00:00	10,192	10,000	1,470	1,430	15,900	0,400	0,540	9225530,974	185489,860	15,410
106	15-Oct-15	10:12:32	10:00:00	10,209	10,000	1,470	1,430	15,900	0,400	0,540	9225437,417	185559,362	15,410
107	15-Oct-15	10:13:32	10:00:00	10,226	10,000	1,470	1,420	15,900	0,400	0,540	9225377,058	185601,668	15,420
108	15-Oct-15	10:14:32	10:00:00	10,242	10,000	1,470	1,420	15,900	0,400	0,540	9225262,260	185669,498	15,420
109	15-Oct-15	10:15:32	10:15:00	10,259	10,250	1,520	1,520	15,900	0,400	0,540	9225197,305	185599,040	15,320
110	15-Oct-15	10:16:32	10:15:00	10,276	10,250	1,520	1,510	15,900	0,400	0,540	9225121,525	185468,963	15,330
111	15-Oct-15	10:17:32	10:15:00	10,292	10,250	1,520	1,510	15,900	0,400	0,540	9225072,809	185349,727	15,330
112	15-Oct-15	10:18:32	10:15:00	10,309	10,250	1,520	1,510	15,900	0,400	0,540	9225057,811	185286,972	15,330
113	15-Oct-15	10:19:32	10:15:00	10,326	10,250	1,520	1,500	15,900	0,400	0,540	9225068,464	185230,968	15,340
114	15-Oct-15	10:20:32	10:15:00	10,342	10,250	1,520	1,500	15,900	0,400	0,540	9225104,945	185220,801	15,340
115	15-Oct-15	10:21:32	10:15:00	10,359	10,250	1,520	1,500	15,900	0,400	0,540	9225135,257	185215,742	15,340
116	15-Oct-15	10:22:32	10:15:00	10,376	10,250	1,520	1,490	15,900	0,400	0,540	9225160,516	185214,731	15,350
117	15-Oct-15	10:23:32	10:15:00	10,392	10,250	1,520	1,490	15,900	0,400	0,540	9225203,941	185215,519	15,350
118	15-Oct-15	10:24:32	10:15:00	10,409	10,250	1,520	1,490	15,900	0,400	0,540	9225239,125	185220,323	15,350
119	15-Oct-15	10:25:32	10:15:00	10,426	10,250	1,520	1,480	15,900	0,400	0,540	9225283,905	185221,924	15,360
120	15-Oct-15	10:26:32	10:15:00	10,442	10,250	1,520	1,480	15,900	0,400	0,540	9225322,288	185221,924	15,360
121	15-Oct-15	10:27:32	10:15:00	10,459	10,250	1,520	1,480	15,900	0,400	0,540	9225363,869	185225,127	15,360
122	15-Oct-15	10:28:32	10:15:00	10,476	10,250	1,520	1,470	15,900	0,400	0,540	9225399,053	185225,127	15,370
123	15-Oct-15	10:29:32	10:15:00	10,492	10,250	1,520	1,470	15,900	0,400	0,540	9225442,234	185229,931	15,370
124	15-Oct-15	10:30:32	10:30:00	10,509	10,500	1,570	1,570	15,900	0,400	0,540	9225499,808	185233,133	15,270

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
125	15-Oct-15	10:31:32	10:30:00	10,526	10,500	1,570	1,570	15,900	0,400	0,540	9225598,821	185229,162	15,270
126	15-Oct-15	10:32:32	10:30:00	10,542	10,500	1,570	1,570	15,900	0,400	0,540	9225696,569	185254,918	15,270
127	15-Oct-15	10:33:32	10:30:00	10,559	10,500	1,570	1,570	15,900	0,400	0,540	9225794,508	185264,256	15,270
128	15-Oct-15	10:34:32	10:30:00	10,576	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9225880,207	185264,256	15,280
129	15-Oct-15	10:35:32	10:30:00	10,592	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9225960,865	185299,589	15,280
130	15-Oct-15	10:36:32	10:30:00	10,609	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9226076,810	185324,827	15,280
131	15-Oct-15	10:37:32	10:30:00	10,626	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9226177,632	185350,065	15,280
132	15-Oct-15	10:38:32	10:30:00	10,642	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9226278,455	185370,255	15,280
133	15-Oct-15	10:39:32	10:30:00	10,659	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9226389,359	185400,541	15,280
134	15-Oct-15	10:40:32	10:30:00	10,676	10,500	1,570	1,560	15,900	0,400	0,540	9226475,058	185435,874	15,280
135	15-Oct-15	10:41:32	10:30:00	10,692	10,500	1,570	1,550	15,900	0,400	0,540	9226591,003	185476,255	15,290
136	15-Oct-15	10:42:32	10:30:00	10,709	10,500	1,570	1,550	15,840	0,400	0,540	9226686,784	185531,778	15,230
137	15-Oct-15	10:43:32	10:30:00	10,726	10,500	1,570	1,550	15,230	0,400	0,540	9226752,319	185592,349	14,610
138	15-Oct-15	10:44:32	10:30:00	10,742	10,500	1,570	1,550	14,530	0,400	0,540	9226853,141	185637,777	13,920
139	15-Oct-15	10:45:32	10:45:00	10,759	10,750	1,590	1,590	14,010	0,400	0,540	9226933,799	185668,063	13,370
140	15-Oct-15	10:46:32	10:45:00	10,776	10,750	1,590	1,590	13,290	0,400	0,540	9227024,539	185728,634	12,640
141	15-Oct-15	10:47:32	10:45:00	10,792	10,750	1,590	1,580	12,720	0,400	0,540	9227090,073	185779,110	12,080
142	15-Oct-15	10:48:32	10:45:00	10,809	10,750	1,590	1,580	12,620	0,400	0,540	9227160,725	185817,755	11,970
143	15-Oct-15	10:49:32	10:45:00	10,826	10,750	1,590	1,580	12,680	0,400	0,540	9227230,179	185847,559	12,040
144	15-Oct-15	10:50:32	10:45:00	10,842	10,750	1,590	1,580	12,610	0,400	0,540	9227304,593	185862,461	11,970
145	15-Oct-15	10:51:32	10:45:00	10,859	10,750	1,590	1,580	12,990	0,400	0,540	9227426,137	185882,331	12,350
146	15-Oct-15	11:02:36	11:00:00	11,043	11,000	1,620	1,610	14,820	0,400	0,540	9227428,635	185517,403	14,150
147	15-Oct-15	11:03:36	11:00:00	11,060	11,000	1,620	1,610	15,370	0,400	0,540	9227584,667	185541,642	14,700
148	15-Oct-15	11:04:36	11:00:00	11,077	11,000	1,620	1,610	15,780	0,400	0,540	9227731,644	185583,688	15,110
149	15-Oct-15	11:05:36	11:00:00	11,093	11,000	1,620	1,610	15,040	0,400	0,540	9227903,816	185587,892	14,370

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
150	15-Oct-15	11:06:36	11:00:00	11,110	11,000	1,620	1,610	13,310	0,400	0,540	9228046,593	185604,711	12,640
151	15-Oct-15	11:07:36	11:00:00	11,127	11,000	1,620	1,600	12,110	0,400	0,540	9228201,968	185634,143	11,450
152	15-Oct-15	11:08:36	11:00:00	11,143	11,000	1,620	1,600	11,490	0,400	0,540	9228298,553	185650,961	10,820
153	15-Oct-15	11:09:36	11:00:00	11,160	11,000	1,620	1,600	11,200	0,400	0,540	9228411,934	185667,779	10,540
154	15-Oct-15	11:10:36	11:00:00	11,177	11,000	1,620	1,600	11,200	0,400	0,540	9228531,535	185680,313	10,540
155	15-Oct-15	11:11:36	11:00:00	11,193	11,000	1,620	1,600	11,200	0,400	0,540	9228657,515	185688,722	10,540
156	15-Oct-15	11:12:36	11:00:00	11,210	11,000	1,620	1,590	12,380	0,400	0,540	9228821,288	185709,745	11,720
157	15-Oct-15	11:13:36	11:00:00	11,227	11,000	1,620	1,590	12,880	0,400	0,540	9228955,667	185688,722	12,230
158	15-Oct-15	11:14:36	11:00:00	11,243	11,000	1,620	1,590	13,880	0,400	0,540	9229094,244	185713,950	13,230
159	15-Oct-15	11:15:36	11:15:00	11,260	11,250	1,650	1,650	14,650	0,400	0,540	9229224,423	185713,950	13,940
160	15-Oct-15	11:16:36	11:15:00	11,277	11,250	1,650	1,660	15,740	0,400	0,540	9229363,001	185718,155	15,020
161	15-Oct-15	11:17:36	11:15:00	11,293	11,250	1,650	1,660	16,200	0,400	0,540	9229451,113	185715,342	15,480
162	15-Oct-15	11:18:36	11:15:00	11,310	11,250	1,650	1,660	16,200	0,400	0,540	9229529,245	185722,793	15,480
163	15-Oct-15	11:19:36	11:15:00	11,327	11,250	1,650	1,670	16,050	0,400	0,540	9229625,979	185719,067	15,330
164	15-Oct-15	11:20:36	11:15:00	11,343	11,250	1,650	1,670	15,720	0,400	0,540	9229711,552	185707,892	14,990
165	15-Oct-15	11:21:36	11:15:00	11,360	11,250	1,650	1,670	15,380	0,400	0,540	9229800,846	185700,441	14,640
166	15-Oct-15	11:22:36	11:15:00	11,377	11,250	1,650	1,680	15,290	0,400	0,540	9229863,759	185714,979	14,560
167	15-Oct-15	11:23:36	11:15:00	11,393	11,250	1,650	1,680	15,240	0,400	0,540	9229915,761	185704,566	14,500
168	15-Oct-15	11:24:36	11:15:00	11,410	11,250	1,650	1,680	15,120	0,400	0,540	9229988,563	185696,756	14,380
169	15-Oct-15	11:25:36	11:15:00	11,427	11,250	1,650	1,690	14,980	0,400	0,540	9230066,565	185678,532	14,240
170	15-Oct-15	11:26:36	11:15:00	11,443	11,250	1,650	1,690	14,900	0,400	0,540	9230082,072	185623,013	14,150
171	15-Oct-15	11:27:36	11:15:00	11,460	11,250	1,650	1,690	14,810	0,400	0,540	9230099,511	185564,810	14,050
172	15-Oct-15	11:28:36	11:15:00	11,477	11,250	1,650	1,700	14,920	0,400	0,540	9230021,035	185558,990	14,160
173	15-Oct-15	11:29:36	11:15:00	11,493	11,250	1,650	1,700	14,930	0,400	0,540	9229962,905	185558,990	14,170
174	15-Oct-15	11:30:36	11:30:00	11,510	11,500	1,600	1,600	15,200	0,400	0,540	9229849,551	185573,541	14,540

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
175	15-Oct-15	11:31:36	11:30:00	11,527	11,500	1,600	1,590	15,550	0,400	0,540	9229759,021	185585,201	14,900
176	15-Oct-15	11:32:36	11:30:00	11,543	11,500	1,600	1,580	15,880	0,400	0,540	9229671,826	185591,022	15,240
177	15-Oct-15	11:33:36	11:30:00	11,560	11,500	1,600	1,570	16,170	0,400	0,540	9229599,163	185593,932	15,530
178	15-Oct-15	11:34:36	11:30:00	11,577	11,500	1,600	1,560	16,200	0,400	0,540	9229485,808	185585,201	15,580
179	15-Oct-15	11:35:36	11:30:00	11,593	11,500	1,600	1,560	16,200	0,400	0,540	9229421,865	185591,022	15,580
180	15-Oct-15	11:36:36	11:30:00	11,610	11,500	1,600	1,550	16,200	0,400	0,540	9229375,361	185585,201	15,590
181	15-Oct-15	11:37:36	11:30:00	11,627	11,500	1,600	1,540	15,830	0,400	0,540	9229317,230	185585,201	15,230
182	15-Oct-15	11:38:36	11:30:00	11,643	11,500	1,600	1,530	15,360	0,400	0,540	9229256,193	185579,381	14,770
183	15-Oct-15	11:39:36	11:30:00	11,660	11,500	1,600	1,520	15,040	0,400	0,540	9229218,408	185585,201	14,460
184	15-Oct-15	11:40:36	11:30:00	11,677	11,500	1,600	1,520	14,640	0,400	0,540	9229166,091	185582,291	14,060
185	15-Oct-15	11:41:36	11:30:00	11,693	11,500	1,600	1,510	14,280	0,400	0,540	9229119,587	185579,381	13,710
186	15-Oct-15	11:42:36	11:30:00	11,710	11,500	1,600	1,500	13,920	0,400	0,540	9229075,989	185582,291	13,360
187	15-Oct-15	11:43:36	11:30:00	11,727	11,500	1,600	1,490	13,490	0,400	0,540	9229025,373	185588,164	12,940
188	15-Oct-15	11:44:36	11:30:00	11,743	11,500	1,600	1,480	13,110	0,400	0,540	9228978,869	185585,254	12,570
189	15-Oct-15	11:45:36	11:45:00	11,760	11,750	1,720	1,720	12,720	0,400	0,540	9228932,364	185593,985	11,940
190	15-Oct-15	11:46:36	11:45:00	11,777	11,750	1,720	1,720	12,310	0,400	0,540	9228882,954	185596,895	11,530
191	15-Oct-15	11:47:36	11:45:00	11,793	11,750	1,720	1,720	11,850	0,400	0,540	9228824,823	185585,254	11,070
192	15-Oct-15	11:48:36	11:45:00	11,810	11,750	1,720	1,720	11,280	0,400	0,540	9228755,067	185582,344	10,510
193	15-Oct-15	11:49:36	11:45:00	11,827	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228673,684	185564,883	10,430
194	15-Oct-15	11:50:36	11:45:00	11,843	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228624,273	185556,153	10,430
195	15-Oct-15	11:51:36	11:45:00	11,860	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228560,330	185559,063	10,430
196	15-Oct-15	11:52:36	11:45:00	11,877	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228502,199	185553,242	10,430
197	15-Oct-15	11:53:36	11:45:00	11,893	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228452,788	185550,332	10,430
198	15-Oct-15	11:54:36	11:45:00	11,910	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228403,377	185541,602	10,430
199	15-Oct-15	11:55:36	11:45:00	11,927	11,750	1,720	1,710	11,200	0,400	0,540	9228361,733	185535,768	10,430

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palembang	Waktu Perum	Waktu Palembang	Bacaan Palembang	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
200	15-Oct-15	11:56:36	11:45:00	11,943	11,750	1,720	1,700	11,200	0,400	0,540	9228291,976	185524,128	10,440
201	15-Oct-15	11:57:36	11:45:00	11,960	11,750	1,720	1,700	11,200	0,400	0,540	9228245,472	185521,217	10,440
202	15-Oct-15	11:58:36	11:45:00	11,977	11,750	1,720	1,700	11,200	0,400	0,540	9228193,155	185518,307	10,440
203	15-Oct-15	11:59:36	11:45:00	11,993	11,750	1,720	1,700	11,200	0,400	0,540	9228155,370	185518,307	10,440
204	15-Oct-15	12:00:36	12:00:00	12,010	12,000	1,740	1,740	11,200	0,400	0,540	9228111,772	185515,397	10,400
205	15-Oct-15	12:01:36	12:00:00	12,027	12,000	1,740	1,740	12,030	0,400	0,540	9228050,735	185518,307	11,230
206	15-Oct-15	12:02:36	12:00:00	12,043	12,000	1,740	1,740	12,400	0,400	0,540	9228012,950	185509,577	11,600
207	15-Oct-15	12:03:36	12:00:00	12,060	12,000	1,740	1,740	13,110	0,400	0,540	9227963,539	185512,487	12,310
208	15-Oct-15	12:04:36	12:00:00	12,077	12,000	1,740	1,740	13,770	0,400	0,540	9227922,848	185518,307	12,970
209	15-Oct-15	12:05:36	12:00:00	12,093	12,000	1,740	1,740	14,270	0,400	0,540	9227871,940	185500,840	13,470
210	15-Oct-15	12:06:36	12:00:00	12,110	12,000	1,740	1,740	15,090	0,400	0,540	9227807,997	185492,109	14,290
211	15-Oct-15	12:07:36	12:00:00	12,127	12,000	1,740	1,740	15,650	0,400	0,540	9227761,492	185483,379	14,850
212	15-Oct-15	12:08:36	12:00:00	12,143	12,000	1,740	1,740	16,160	0,400	0,540	9227697,549	185465,918	15,360
213	15-Oct-15	12:09:36	12:00:00	12,160	12,000	1,740	1,740	15,940	0,400	0,540	9227651,044	185468,828	15,140
214	15-Oct-15	12:10:36	12:00:00	12,177	12,000	1,740	1,740	15,660	0,400	0,540	9227560,942	185436,816	14,860
215	15-Oct-15	12:11:36	12:00:00	12,193	12,000	1,740	1,740	15,400	0,400	0,540	9227496,999	185430,996	14,600
216	15-Oct-15	12:12:36	12:00:00	12,210	12,000	1,740	1,740	15,410	0,400	0,540	9227456,307	185407,714	14,610
217	15-Oct-15	12:13:36	12:00:00	12,227	12,000	1,740	1,740	15,270	0,400	0,540	9227403,990	185401,894	14,470
218	15-Oct-15	12:14:36	12:00:00	12,243	12,000	1,740	1,740	15,060	0,400	0,540	9227342,953	185404,804	14,260
219	15-Oct-15	12:15:36	12:15:00	12,260	12,250	1,740	1,740	14,900	0,400	0,540	9227290,636	185401,894	14,090
220	15-Oct-15	12:16:36	12:15:00	12,277	12,250	1,740	1,740	14,930	0,400	0,540	9227149,983	185375,970	14,130
221	15-Oct-15	12:17:36	12:15:00	12,293	12,250	1,740	1,750	15,620	0,400	0,540	9227024,679	185350,877	14,820
222	15-Oct-15	12:18:36	12:15:00	12,310	12,250	1,740	1,750	16,200	0,400	0,540	9226891,021	185334,149	15,390
223	15-Oct-15	12:19:36	12:15:00	12,327	12,250	1,740	1,750	16,200	0,400	0,540	9226698,888	185300,693	15,390
224	15-Oct-15	12:20:36	12:15:00	12,343	12,250	1,740	1,750	16,200	0,400	0,540	9226573,583	185300,693	15,390

No	Tanggal	Waktu Perum	Waktu Palem	Waktu Perum	Waktu Palem	Bacaan Palem	Tinggi Air Saat Perum (Interpolasi)	Kedalaman Belum Terkoreksi	Draft (m)	LWL (m)	Northing / Y (m)	Easting / X (m)	Kedalaman Terhadap LWL (m)
225	15-Oct-15	12:21:36	12:15:00	12,360	12,250	1,740	1,750	16,200	0,400	0,540	9226464,986	185275,601	15,390
226	15-Oct-15	12:22:36	12:15:00	12,377	12,250	1,740	1,760	16,200	0,400	0,540	9226289,560	185242,144	15,380
227	15-Oct-15	12:23:36	12:15:00	12,393	12,250	1,740	1,760	16,200	0,400	0,540	9226147,549	185242,144	15,380
228	15-Oct-15	12:24:36	12:15:00	12,410	12,250	1,740	1,760	16,200	0,400	0,540	9226005,537	185217,052	15,380
229	15-Oct-15	12:25:36	12:15:00	12,427	12,250	1,740	1,760	16,200	0,400	0,540	9225771,635	185091,591	15,380
230	15-Oct-15	12:26:36	12:15:00	12,443	12,250	1,740	1,760	16,200	0,400	0,540	9225596,209	185058,135	15,380
231	15-Oct-15	12:27:36	12:15:00	12,460	12,250	1,740	1,770	16,200	0,400	0,540	9225487,612	184966,130	15,370
232	15-Oct-15	12:28:36	12:15:00	12,477	12,250	1,740	1,770	16,200	0,400	0,540	9225541,163	184817,482	15,370
233	15-Oct-15	12:29:36	12:15:00	12,493	12,250	1,740	1,770	16,200	0,400	0,540	9225559,930	184657,767	15,370
234	15-Oct-15	12:30:36	12:30:00	12,510	12,500	1,710	1,710	16,200	0,400	0,540	9225756,979	184657,767	15,430
235	15-Oct-15	12:31:36	12:30:00	12,527	12,500	1,710	1,710	16,200	0,400	0,540	9225944,644	184657,767	15,430
236	15-Oct-15	12:32:36	12:30:00	12,543	12,500	1,710	1,710	16,200	0,400	0,540	9226094,777	184751,717	15,430
237	15-Oct-15	12:33:36	12:30:00	12,560	12,500	1,710	1,710	16,200	0,400	0,540	9226244,909	184761,112	15,430
238	15-Oct-15	12:34:36	12:30:00	12,577	12,500	1,710	1,720	16,200	0,400	0,540	9226488,874	184845,667	15,420
239	15-Oct-15	12:35:36	12:30:00	12,593	12,500	1,710	1,720	16,710	0,400	0,540	9226667,157	184873,853	15,930
240	15-Oct-15	12:36:36	12:30:00	12,610	12,500	1,710	1,720	19,650	0,400	0,540	9226864,206	184883,248	18,870
241	15-Oct-15	12:37:36	12:30:00	12,627	12,500	1,710	1,720	17,390	0,400	0,540	9227042,488	184920,828	16,610
242	15-Oct-15	12:38:36	12:30:00	12,643	12,500	1,710	1,720	16,200	0,400	0,540	9227211,387	184939,618	15,420
243	15-Oct-15	12:39:36	12:30:00	12,660	12,500	1,710	1,720	16,200	0,400	0,540	9227325,405	184956,750	15,420
244	15-Oct-15	12:40:36	12:30:00	12,677	12,500	1,710	1,720	16,200	0,400	0,540	9227436,451	184966,015	15,420
245	15-Oct-15	12:41:36	12:30:00	12,693	12,500	1,710	1,730	16,200	0,400	0,540	9227552,124	184975,281	15,410
246	15-Oct-15	12:42:36	12:30:00	12,710	12,500	1,710	1,730	15,440	0,400	0,540	9227690,932	184989,179	14,650
247	15-Oct-15	12:43:36	12:30:00	12,727	12,500	1,710	1,730	13,890	0,400	0,540	9227838,994	185003,077	13,100



### Lampiran 3. Data Kedalaman Relatif dan Absolut Estimasi Perairan Gili Iyang

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	Insitu	
1	-6,984	114,164	110,500	125,500	64,852	7,240	0,024	8,789	5,540	3,249
2	-6,985	114,164	109,500	127,500	53,294	7,316	0,024	8,611	5,570	3,041
3	-6,986	114,163	108,500	129,500	62,746	7,336	0,021	8,667	5,580	3,087
4	-6,987	114,163	107,500	133,500	84,635	7,873	0,024	9,930	5,540	4,390
5	-6,988	114,163	107,500	136,500	69,132	8,373	0,022	9,877	5,570	4,307
6	-6,989	114,162	104,500	138,500	43,228	8,711	0,013	9,293	5,630	3,663
7	-6,991	114,161	102,500	143,500	124,671	8,245	0,015	10,067	2,710	7,357
8	-6,992	114,160	98,500	148,500	230,841	7,499	0,012	10,367	7,150	3,217
9	-6,995	114,159	97,500	154,500	341,702	5,807	0,013	10,341	5,750	4,591
10	-6,997	114,159	97,500	160,500	245,213	7,507	0,015	11,073	9,910	1,163
11	-6,999	114,159	97,500	165,500	195,397	7,952	0,014	10,721	11,200	0,479
12	-7,000	114,161	101,500	169,500	190,256	7,442	0,017	10,718	10,910	0,192
13	-7,002	114,161	103,500	174,500	122,239	8,467	0,019	10,737	11,430	0,693
14	-7,003	114,163	108,500	177,500	-140,336	11,147	0,014	9,213	10,790	1,577
15	-7,005	114,166	116,500	181,500	-811,744	20,022	0,018	5,746	2,770	2,976
16	-7,005	114,168	121,500	183,500	-260,103	10,213	0,020	5,088	4,080	1,008
17	-7,006	114,171	128,500	185,500	562,989	-5,923	0,019	4,640	3,070	1,570
18	-7,006	114,174	136,500	186,500	514,751	-3,945	0,024	8,359	2,700	5,659
19	-7,007	114,175	141,500	187,500	782,207	-8,856	0,015	2,982	2,580	0,402
20	-7,007	114,178	148,500	187,500	1134,146	-16,154	0,019	5,567	4,160	1,407
21	-7,006	114,181	157,500	186,500	517,014	-2,200	0,019	7,421	11,450	4,029
22	-7,005	114,183	161,500	183,500	447,724	-0,326	0,023	9,894	11,870	1,976
23	-7,005	114,184	165,500	181,500	311,714	2,599	0,025	10,546	12,540	1,994
24	-7,003	114,185	168,500	176,500	19,200	9,340	0,025	9,812	11,970	2,158
25	-7,001	114,186	171,500	170,500	-96,784	11,190	0,017	9,567	12,120	2,553
26	-6,999	114,186	171,500	165,500	-242,284	14,273	0,017	10,204	10,380	0,176
27	-6,997	114,186	171,500	159,500	-147,747	11,502	0,016	9,166	2,600	6,566
28	-6,995	114,186	171,500	154,500	-144,450	10,048	0,030	5,685	2,660	3,025
29	-6,992	114,187	172,500	148,500	-197,530	10,365	0,029	4,563	2,720	1,843
30	-6,991	114,187	172,500	144,500	-164,838	9,801	0,023	5,947	2,690	3,257
31	-6,988	114,187	173,500	137,500	-93,721	7,658	0,021	5,692	2,640	3,052
32	-6,987	114,188	175,500	132,500	-105,258	7,294	0,014	5,855	4,310	1,545
33	-6,985	114,188	176,500	127,500	-52,678	7,017	0,027	5,618	5,030	0,588
34	-6,984	114,189	177,500	124,500	12,605	6,368	0,024	6,665	7,340	0,675
35	-6,981	114,189	178,500	118,500	88,483	5,104	0,015	6,422	6,460	0,038
36	-6,979	114,189	178,500	111,500	58,700	6,511	0,021	7,765	6,200	1,565
37	-6,976	114,190	180,500	103,500	70,525	7,216	0,024	8,905	7,940	0,965
38	-6,975	114,190	180,500	99,500	25,572	8,315	0,019	8,798	10,290	1,492
39	-6,972	114,189	179,500	92,500	-120,582	12,187	0,020	9,749	10,930	1,181
40	-6,970	114,189	178,500	87,500	-72,149	11,074	0,020	9,652	11,430	1,778
41	-6,969	114,188	176,500	83,500	-47,078	10,876	0,018	10,045	12,050	2,005

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
42	-6,967	114,187	174,500	78,500	-77,780	11,965	0,014	10,849	12,550	1,701
43	-6,965	114,186	169,500	74,500	46,698	8,713	0,027	9,953	12,320	2,367
44	-6,964	114,185	166,500	71,500	181,770	5,397	0,020	9,085	11,910	2,825
45	-6,963	114,183	161,500	68,500	233,962	4,207	0,027	10,434	10,700	0,266
46	-6,962	114,180	155,500	66,500	305,939	2,256	0,019	8,061	7,730	0,331
47	-6,962	114,179	150,500	65,500	470,190	-1,892	0,058	25,506	5,870	19,636
48	-6,962	114,177	146,500	65,500	529,015	-3,390	0,015	4,756	2,880	1,876
49	-6,962	114,175	141,500	65,500	477,803	-2,035	0,028	11,150	4,020	7,130
50	-6,962	114,174	137,500	65,500	448,600	-1,207	0,023	8,914	3,710	5,204
51	-6,963	114,173	135,500	67,500	465,758	-1,592	0,021	8,372	3,400	4,972
52	-6,964	114,172	132,500	69,500	494,685	-2,326	0,017	5,993	4,960	1,033
53	-6,964	114,170	126,500	71,500	409,102	-0,098	0,018	7,195	8,180	0,985
54	-6,965	114,168	122,500	73,500	319,154	2,191	0,017	7,462	10,660	3,198
55	-6,966	114,167	119,500	75,500	298,494	2,645	0,025	10,055	10,720	0,665
56	-6,967	114,167	117,500	79,500	293,878	2,835	0,021	9,034	10,550	1,516
57	-6,968	114,167	117,500	82,500	278,910	3,205	0,023	9,583	4,750	4,833
58	-6,969	114,166	116,500	85,500	258,090	3,658	0,013	7,020	7,000	0,020
59	-6,970	114,165	112,500	86,500	241,715	3,977	0,014	7,326	10,610	3,284
60	-6,971	114,165	112,500	90,500	252,115	3,739	0,014	7,201	7,950	0,749
61	-6,972	114,164	111,500	93,500	263,173	3,276	0,017	7,643	8,060	0,417
62	-6,973	114,164	111,500	96,500	266,981	3,024	0,019	8,223	6,750	1,473
63	-6,975	114,163	108,500	99,500	262,250	3,329	0,017	7,827	6,870	0,957
64	-6,976	114,164	109,500	103,500	274,049	2,884	0,017	7,551	6,280	1,271
65	-6,977	114,164	109,500	107,500	289,007	2,308	0,018	7,382	2,860	4,522
66	-6,978	114,164	109,500	109,500	279,582	2,646	0,017	7,455	4,630	2,825
67	-6,980	114,163	108,500	113,500	235,387	4,095	0,015	7,645	4,170	3,475
68	-6,980	114,163	107,500	115,500	206,166	5,021	0,015	8,012	4,060	3,952
69	-6,981	114,163	107,500	117,500	180,319	5,640	0,015	8,402	4,600	3,802
70	-6,982	114,163	107,500	119,500	154,591	6,187	0,016	8,685	4,980	3,705
71	-6,982	114,163	107,500	120,500	140,345	6,423	0,013	8,313	5,450	2,863
72	-6,983	114,163	107,500	121,500	125,768	6,637	0,016	8,691	5,460	3,231
73	-6,983	114,163	107,500	122,500	111,183	6,826	0,014	8,401	4,860	3,541
74	-6,984	114,163	106,500	124,500	93,365	7,066	0,014	8,365	4,800	3,565
75	-6,984	114,163	106,500	125,500	83,873	7,157	0,014	8,325	3,850	4,475
76	-6,984	114,163	106,500	126,500	76,899	7,258	0,016	8,466	3,110	5,356
77	-6,985	114,163	106,500	127,500	73,841	7,293	0,014	8,297	3,500	4,797
78	-6,985	114,163	106,500	128,500	74,126	7,325	0,015	8,417	4,230	4,187
79	-6,986	114,162	105,500	129,500	87,059	7,421	0,016	8,808	3,490	5,318
80	-6,986	114,162	105,500	130,500	89,583	7,507	0,016	8,903	3,740	5,163
81	-6,986	114,162	105,500	131,500	91,488	7,624	0,015	8,969	3,310	5,659
82	-6,987	114,162	104,500	132,500	95,834	7,814	0,013	9,089	3,080	6,009
83	-6,987	114,162	104,500	133,500	90,489	8,028	0,013	9,245	2,860	6,385

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	Insitu	
84	-6,987	114,161	103,500	134,500	88,026	8,188	0,016	9,598	2,570	7,028
85	-6,988	114,161	103,500	135,500	78,211	8,339	0,013	9,336	2,880	6,456
86	-6,988	114,161	102,500	135,500	87,423	8,279	0,016	9,668	3,910	5,758
87	-6,988	114,160	100,500	136,500	109,431	8,191	0,015	9,845	5,700	4,145
88	-6,988	114,160	100,500	137,500	107,807	8,230	0,016	9,923	6,540	3,383
89	-6,989	114,160	99,500	138,500	130,440	8,121	0,014	9,927	7,440	2,487
90	-6,989	114,159	97,500	139,500	172,580	7,959	0,016	10,751	10,020	0,731
91	-6,990	114,159	95,500	141,500	203,845	7,791	0,013	10,512	11,680	1,168
92	-6,990	114,158	94,500	142,500	208,994	7,716	0,014	10,593	12,680	2,087
93	-6,991	114,158	93,500	145,500	205,415	7,879	0,014	10,765	15,170	4,405
94	-6,992	114,158	93,500	146,500	209,249	7,910	0,013	10,652	15,370	4,718
95	-6,992	114,157	92,500	148,500	221,677	7,940	0,013	10,871	15,380	4,509
96	-6,993	114,157	92,500	149,500	232,047	7,833	0,016	11,565	15,380	3,815
97	-6,993	114,157	91,500	150,500	231,260	8,063	0,014	11,327	15,380	4,053
98	-6,994	114,157	90,500	151,500	230,964	8,228	0,015	11,735	15,390	3,655
99	-6,994	114,156	89,500	152,500	229,261	8,431	0,015	11,851	15,390	3,539
100	-6,995	114,156	88,500	154,500	231,327	8,740	0,014	12,049	15,390	3,341
101	-6,995	114,156	87,500	155,500	235,782	8,840	0,015	12,355	15,400	3,045
102	-6,996	114,155	86,500	158,500	277,056	8,387	0,014	12,282	15,400	3,118
103	-6,997	114,154	84,500	160,500	309,290	7,922	0,014	12,316	15,400	3,084
104	-6,997	114,154	82,500	160,500	278,596	8,477	0,017	13,171	15,410	2,239
105	-6,998	114,154	82,500	163,500	250,626	9,028	0,015	12,802	15,410	2,608
106	-6,999	114,154	83,500	165,500	234,914	9,309	0,016	12,951	15,410	2,459
107	-6,999	114,155	85,500	167,500	216,782	9,517	0,014	12,544	15,420	2,876
108	-7,000	114,155	86,500	169,500	209,100	9,620	0,014	12,493	15,420	2,927
109	-7,001	114,154	84,500	171,500	224,359	9,644	0,014	12,881	15,320	2,439
110	-7,002	114,153	81,500	173,500	246,787	9,433	0,017	13,561	15,330	1,769
111	-7,002	114,152	78,500	174,500	219,253	9,838	0,015	13,197	15,330	2,133
112	-7,002	114,152	77,500	174,500	206,235	10,052	0,015	13,170	15,330	2,160
113	-7,002	114,151	75,500	174,500	184,504	10,563	0,019	14,061	15,340	1,279
114	-7,002	114,151	75,500	173,500	183,290	10,598	0,023	14,880	15,340	0,460
115	-7,001	114,151	75,500	172,500	180,534	10,664	0,016	13,636	15,340	1,704
116	-7,001	114,151	75,500	172,500	180,534	10,664	0,020	14,280	15,350	1,070
117	-7,001	114,151	75,500	171,500	176,601	10,757	0,019	14,109	15,350	1,241
118	-7,001	114,151	75,500	170,500	172,216	10,864	0,016	13,662	15,350	1,688
119	-7,000	114,151	75,500	169,500	168,286	10,971	0,017	13,797	15,360	1,563
120	-7,000	114,151	75,500	168,500	165,580	11,061	0,020	14,329	15,360	1,031
121	-6,999	114,151	75,500	167,500	164,398	11,125	0,024	15,040	15,360	0,320
122	-6,999	114,151	75,500	166,500	164,390	11,159	0,020	14,461	15,370	0,909
123	-6,999	114,151	75,500	165,500	164,654	11,170	0,018	14,148	15,370	1,222
124	-6,998	114,151	75,500	163,500	162,660	11,157	0,018	14,127	15,270	1,143
125	-6,997	114,151	75,500	161,500	157,111	11,152	0,026	15,304	15,270	0,034

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
126	-6,997	114,152	76,500	159,500	160,734	10,950	0,016	13,475	15,270	1,795
127	-6,995	114,152	76,500	156,500	155,305	10,955	0,018	13,740	15,270	1,530
128	-6,995	114,152	76,500	154,500	159,068	10,851	0,020	13,960	15,280	1,320
129	-6,994	114,152	77,500	152,500	165,560	10,722	0,016	13,399	15,280	1,881
130	-6,993	114,152	78,500	149,500	156,325	10,746	0,016	13,320	15,280	1,960
131	-6,992	114,152	78,500	147,500	145,383	10,778	0,018	13,374	15,280	1,906
132	-6,991	114,153	79,500	144,500	140,652	10,593	0,014	12,597	15,280	2,683
133	-6,990	114,153	80,500	142,500	140,619	10,545	0,018	13,125	15,280	2,155
134	-6,989	114,153	81,500	139,500	140,857	10,465	0,016	12,700	15,280	2,580
135	-6,988	114,154	82,500	137,500	149,330	9,943	0,018	12,694	15,290	2,596
136	-6,987	114,154	83,500	134,500	139,042	9,757	0,015	11,775	15,230	3,455
137	-6,987	114,154	84,500	133,500	139,195	9,583	0,017	11,883	14,610	2,727
138	-6,986	114,155	86,500	130,500	137,673	9,232	0,018	11,727	13,920	2,193
139	-6,985	114,155	86,500	128,500	134,303	9,064	0,017	11,356	13,370	2,014
140	-6,984	114,156	88,500	126,500	152,621	8,249	0,017	10,896	12,640	1,744
141	-6,984	114,156	89,500	124,500	154,425	8,023	0,018	10,831	12,080	1,249
142	-6,983	114,157	90,500	123,500	164,087	7,689	0,016	10,355	11,970	1,615
143	-6,983	114,157	91,500	121,500	186,330	6,958	0,018	10,353	12,040	1,687
144	-6,982	114,157	91,500	119,500	206,968	6,424	0,019	10,401	11,970	1,569
145	-6,981	114,157	92,500	116,500	225,875	5,929	0,018	10,006	12,350	2,344
146	-6,981	114,154	83,500	116,500	117,923	9,391	0,024	12,201	14,150	1,949
147	-6,979	114,154	83,500	112,500	150,058	8,338	0,024	11,974	14,700	2,726
148	-6,978	114,154	84,500	109,500	179,387	7,517	0,027	12,430	15,110	2,680
149	-6,976	114,155	85,500	104,500	188,900	7,274	0,031	13,116	14,370	1,254
150	-6,975	114,155	85,500	101,500	214,515	6,560	0,028	12,608	12,640	0,032
151	-6,974	114,155	86,500	97,500	240,559	5,824	0,031	13,291	11,450	1,841
152	-6,973	114,155	86,500	95,500	240,018	5,859	0,029	12,801	10,820	1,981
153	-6,972	114,156	87,500	92,500	241,498	5,908	0,026	12,202	10,540	1,662
154	-6,971	114,156	87,500	89,500	249,366	5,808	0,026	12,238	10,540	1,698
155	-6,970	114,156	87,500	86,500	251,428	5,863	0,032	13,830	10,540	3,290
156	-6,968	114,156	88,500	82,500	234,979	6,477	0,030	13,571	11,720	1,851
157	-6,967	114,156	87,500	78,500	230,931	6,670	0,027	12,963	12,230	0,733
158	-6,966	114,156	88,500	75,500	213,421	7,149	0,024	12,285	13,230	0,945
159	-6,965	114,156	88,500	72,500	186,509	8,065	0,026	12,874	13,940	1,066
160	-6,963	114,156	88,500	68,500	147,173	9,376	0,024	12,942	15,020	2,078
161	-6,962	114,156	88,500	66,500	129,059	10,012	0,028	13,675	15,480	1,805
162	-6,962	114,156	88,500	64,500	112,341	10,617	0,026	13,488	15,480	1,992
163	-6,961	114,156	88,500	62,500	94,117	11,266	0,028	13,902	15,330	1,428
164	-6,960	114,156	88,500	60,500	81,392	11,721	0,022	13,480	14,990	1,510
165	-6,960	114,156	88,500	58,500	77,043	11,873	0,023	13,651	14,640	0,989
166	-6,959	114,156	88,500	56,500	81,431	11,707	0,011	12,566	14,560	1,994
167	-6,958	114,156	88,500	55,500	85,296	11,561	0,010	12,440	14,500	2,060

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	CI	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
168	-6.958	114,156	88,500	53,500	93,900	11,235	0,009	12,114	14,380	2,266
169	-6.957	114,156	87,500	51,500	100,003	11,004	0,020	13,037	14,240	1,203
170	-6.957	114,155	86,500	51,500	98,846	11,052	0,018	12,846	14,150	1,304
171	-6.957	114,154	84,500	50,500	96,035	11,139	0,011	12,167	14,050	1,883
172	-6.957	114,154	84,500	52,500	89,491	11,394	0,012	12,463	14,160	1,697
173	-6.958	114,154	84,500	54,500	80,819	11,725	0,024	13,673	14,170	0,497
174	-6.959	114,154	84,500	56,500	71,158	12,088	0,019	13,463	14,540	1,077
175	-6.960	114,155	85,500	59,500	63,974	12,354	0,022	13,781	14,900	1,119
176	-6.961	114,155	85,500	61,500	74,040	11,996	0,024	13,789	15,240	1,451
177	-6.961	114,155	85,500	62,500	83,295	11,670	0,030	14,179	15,530	1,351
178	-6.962	114,155	85,500	65,500	108,756	10,762	0,028	13,782	15,580	1,798
179	-6.963	114,155	85,500	67,500	126,726	10,133	0,028	13,726	15,580	1,854
180	-6.963	114,155	85,500	68,500	135,347	9,833	0,024	13,147	15,590	2,443
181	-6.964	114,155	85,500	69,500	144,009	9,532	0,028	13,632	15,230	1,598
182	-6.964	114,155	85,500	71,500	163,219	8,883	0,031	13,952	14,770	0,818
183	-6.965	114,155	85,500	72,500	172,912	8,555	0,035	14,616	14,460	0,156
184	-6.965	114,155	85,500	73,500	183,141	8,214	0,029	13,579	14,060	0,481
185	-6.965	114,155	85,500	74,500	193,832	7,864	0,024	12,577	13,710	1,133
186	-6.966	114,155	85,500	75,500	204,774	7,514	0,039	15,555	13,360	2,195
187	-6.966	114,155	85,500	77,500	226,064	6,851	0,029	13,428	12,940	0,488
188	-6.967	114,155	85,500	78,500	234,832	6,584	0,035	14,883	12,570	2,313
189	-6.967	114,155	85,500	79,500	239,951	6,451	0,027	12,963	11,940	1,023
190	-6.968	114,155	85,500	80,500	241,916	6,404	0,029	13,475	11,530	1,945
191	-6.968	114,155	85,500	82,500	240,248	6,397	0,030	13,489	11,070	2,419
192	-6.969	114,155	85,500	83,500	243,272	6,235	0,031	13,817	10,510	3,307
193	-6.969	114,154	84,500	85,500	264,848	5,480	0,028	12,996	10,430	2,566
194	-6.970	114,154	84,500	87,500	271,986	5,257	0,027	12,706	10,430	2,276
195	-6.971	114,154	84,500	88,500	266,311	5,413	0,027	12,722	10,430	2,292
196	-6.971	114,154	84,500	90,500	248,498	5,865	0,028	12,902	10,430	2,472
197	-6.972	114,154	84,500	91,500	241,131	6,029	0,029	13,104	10,430	2,674
198	-6.972	114,154	83,500	92,500	233,451	6,228	0,026	12,271	10,430	1,841
199	-6.972	114,154	83,500	93,500	230,766	6,241	0,029	13,029	10,430	2,599
200	-6.973	114,154	83,500	95,500	246,667	5,687	0,026	12,003	10,440	1,563
201	-6.973	114,154	83,500	96,500	255,025	5,437	0,028	12,534	10,440	2,094
202	-6.974	114,154	83,500	97,500	259,173	5,316	0,032	13,622	10,440	3,182
203	-6.974	114,154	83,500	98,500	256,060	5,405	0,029	12,799	10,440	2,359
204	-6.975	114,154	83,500	99,500	245,562	5,703	0,025	11,941	10,400	1,541
205	-6.975	114,154	83,500	101,500	215,094	6,560	0,031	13,173	11,230	1,943
206	-6.976	114,154	83,500	102,500	202,465	6,914	0,032	13,358	11,600	1,758
207	-6.976	114,154	83,500	103,500	190,896	7,236	0,026	12,228	12,310	0,082
208	-6.976	114,154	83,500	104,500	188,555	7,306	0,030	12,960	12,970	0,010
209	-6.977	114,154	82,500	105,500	188,947	7,312	0,027	12,408	13,470	1,062

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	Insitu	
210	-6,977	114,154	82,500	107,500	193,594	7,180	0,030	12,982	14,290	1,308
211	-6,978	114,154	82,500	108,500	189,455	7,292	0,029	12,789	14,850	2,061
212	-6,978	114,153	81,500	109,500	174,955	7,707	0,028	12,548	15,360	2,812
213	-6,979	114,154	82,500	110,500	169,522	7,871	0,029	12,743	15,140	2,397
214	-6,980	114,153	81,500	113,500	127,460	9,074	0,027	12,478	14,860	2,382
215	-6,980	114,153	81,500	114,500	117,930	9,384	0,024	12,237	14,600	2,363
216	-6,980	114,153	80,500	115,500	106,144	9,781	0,023	12,269	14,610	2,341
217	-6,981	114,153	80,500	117,500	99,042	10,066	0,026	12,600	14,470	1,870
218	-6,981	114,153	80,500	118,500	98,265	10,102	0,024	12,416	14,260	1,844
219	-6,982	114,153	80,500	119,500	98,449	10,085	0,022	12,218	14,090	1,872
220	-6,983	114,153	79,500	123,500	91,197	10,310	0,029	12,936	14,130	1,194
221	-6,984	114,153	79,500	126,500	101,944	10,015	0,021	12,200	14,820	2,620
222	-6,986	114,152	78,500	129,500	73,280	11,006	0,022	12,625	15,390	2,765
223	-6,987	114,152	77,500	134,500	115,420	10,694	0,019	12,899	15,390	2,491
224	-6,988	114,152	77,500	137,500	125,400	10,756	0,019	13,195	15,390	2,195
225	-6,990	114,152	77,500	140,500	135,853	10,636	0,017	12,955	15,390	2,435
226	-6,991	114,152	76,500	144,500	131,395	10,907	0,019	13,454	15,380	1,926
227	-6,992	114,152	76,500	148,500	142,333	10,996	0,020	13,870	15,380	1,510
228	-6,994	114,151	75,500	151,500	151,971	10,982	0,019	13,815	15,380	1,565
229	-6,996	114,150	72,500	157,500	108,965	12,026	0,019	14,056	15,380	1,324
230	-6,997	114,150	71,500	161,500	111,491	12,102	0,023	14,620	15,380	0,760
231	-6,998	114,149	69,500	164,500	89,200	12,622	0,019	14,292	15,370	1,078
232	-6,998	114,148	65,500	162,500	-12,753	14,895	0,020	14,646	15,370	0,724
233	-6,998	114,146	61,500	162,500	-47,514	15,731	0,025	14,531	15,370	0,839
234	-6,996	114,146	61,500	157,500	-76,278	16,336	0,029	14,147	15,430	1,283
235	-6,994	114,146	61,500	152,500	-101,302	16,728	0,025	14,161	15,430	1,269
236	-6,993	114,147	64,500	149,500	-92,215	16,328	0,025	13,996	15,430	1,434
237	-6,991	114,147	64,500	145,500	-82,518	16,180	0,028	13,868	15,430	1,562
238	-6,989	114,148	66,500	139,500	-45,567	15,265	0,028	13,968	15,420	1,452
239	-6,988	114,148	67,500	135,500	-75,114	15,887	0,027	13,896	15,930	2,034
240	-6,986	114,148	67,500	130,500	-92,608	15,835	0,028	13,222	18,870	5,648
241	-6,984	114,149	68,500	125,500	-99,614	15,719	0,030	12,738	16,610	3,872
242	-6,983	114,149	68,500	121,500	-119,676	16,097	0,028	12,749	15,420	2,671
243	-6,981	114,149	69,500	118,500	-119,482	15,990	0,027	12,789	15,420	2,631
244	-6,981	114,149	69,500	116,500	-135,688	16,379	0,026	12,839	15,420	2,581
245	-6,980	114,149	69,500	113,500	-133,946	16,284	0,028	12,562	15,410	2,848
246	-6,978	114,149	70,500	109,500	-46,084	13,909	0,028	12,609	14,650	2,041
247	-6,977	114,149	70,500	106,500	-3,241	12,762	0,027	12,673	13,100	0,427
248	-6,976	114,150	71,500	103,500	54,761	11,226	0,027	12,709	12,570	0,139
249	-6,975	114,150	71,500	100,500	64,856	10,982	0,027	12,743	12,410	0,333
250	-6,973	114,150	72,500	96,500	68,761	10,865	0,031	12,991	13,470	0,479
251	-6,973	114,150	72,500	94,500	74,907	10,718	0,028	12,804	15,500	2,696

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
252	-6,972	114,150	72,500	92,500	83,110	10,574	0,030	13,045	16,680	3,635
253	-6,971	114,150	72,500	90,500	92,395	10,393	0,031	13,244	17,510	4,266
254	-6,970	114,150	73,500	86,500	127,752	9,584	0,029	13,260	18,830	5,570
255	-6,969	114,150	73,500	83,500	144,322	9,280	0,027	13,123	19,200	6,077
256	-6,968	114,150	73,500	81,500	144,250	9,320	0,027	13,173	20,020	6,847
257	-6,967	114,150	73,500	79,500	138,861	9,493	0,027	13,193	19,590	6,397
258	-6,966	114,151	74,500	75,500	138,065	9,662	0,032	14,064	18,730	4,666
259	-6,965	114,151	74,500	73,500	130,900	10,009	0,028	13,718	17,940	4,222
260	-6,964	114,151	74,500	71,500	125,394	10,367	0,028	13,849	17,200	3,351
261	-6,963	114,151	74,500	67,500	123,143	10,736	0,023	13,593	15,830	2,237
262	-6,962	114,151	74,500	64,500	120,544	10,677	0,033	14,641	15,760	1,119
263	-6,961	114,151	75,500	61,500	112,853	10,736	0,025	13,582	15,610	2,028
264	-6,960	114,151	75,500	58,500	106,652	10,848	0,028	13,822	15,130	1,308
265	-6,959	114,151	75,500	56,500	104,617	10,897	0,025	13,533	14,720	1,187
266	-6,958	114,151	75,500	53,500	103,660	10,937	0,032	14,207	14,260	0,053
267	-6,957	114,151	75,500	50,500	103,654	10,958	0,023	13,352	13,850	0,498
268	-6,956	114,151	75,500	48,500	100,526	11,012	0,029	13,945	13,540	0,405
269	-6,956	114,150	72,500	48,500	101,700	11,083	0,033	14,474	13,440	1,034
270	-6,955	114,149	69,500	47,500	101,957	11,098	0,034	14,593	13,430	1,163
271	-6,956	114,149	69,500	49,500	101,844	11,159	0,026	13,821	13,720	0,101
272	-6,957	114,149	69,500	52,500	102,249	11,059	0,029	14,040	14,130	0,090
273	-6,958	114,149	70,500	54,500	102,621	10,943	0,024	13,447	14,490	1,043
274	-6,959	114,149	69,500	57,500	100,737	10,899	0,023	13,259	14,640	1,381
275	-6,960	114,149	69,500	59,500	100,672	10,880	0,021	13,032	15,140	2,108
276	-6,961	114,149	69,500	61,500	101,282	10,874	0,026	13,513	15,590	2,077
277	-6,961	114,149	70,500	63,500	105,692	10,844	0,023	13,257	15,780	2,523
278	-6,962	114,149	70,500	65,500	108,892	10,812	0,031	14,236	15,780	1,544
279	-6,963	114,149	70,500	68,500	117,769	10,562	0,027	13,766	15,980	2,214
280	-6,964	114,149	70,500	71,500	117,016	10,415	0,035	14,507	17,130	2,623
281	-6,965	114,149	69,500	73,500	115,114	10,309	0,033	14,141	17,990	3,849
282	-6,966	114,149	70,500	75,500	124,492	10,000	0,032	14,013	18,760	4,747
283	-6,967	114,149	69,500	78,500	130,699	9,768	0,034	14,264	19,790	5,526
284	-6,968	114,149	69,500	82,500	159,617	9,067	0,032	14,204	20,800	6,596
285	-6,969	114,149	69,500	85,500	123,394	9,891	0,030	13,640	20,800	7,160
286	-6,971	114,148	67,500	88,500	48,015	11,729	0,032	13,243	20,810	7,567
287	-6,972	114,148	66,500	92,500	3,381	12,790	0,028	12,886	20,450	7,564
288	-6,973	114,148	65,500	95,500	-17,134	13,253	0,032	12,698	17,270	4,572
289	-6,975	114,147	64,500	101,500	-86,432	15,072	0,030	12,498	14,610	2,112
290	-6,977	114,147	64,500	106,500	-177,149	17,512	0,031	12,092	14,730	2,638
291	-6,979	114,147	63,500	110,500	-250,704	19,495	0,030	11,898	15,820	3,922
292	-6,980	114,146	62,500	114,500	-273,948	20,127	0,030	11,940	15,830	3,890
293	-6,981	114,146	62,500	117,500	-261,363	19,794	0,030	12,018	15,830	3,812

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
294	-6,983	114,146	61,500	122,500	-277,752	20,377	0,032	11,407	15,830	4,423
295	-6,984	114,146	61,500	125,500	-291,110	20,864	0,028	12,794	18,930	6,136
296	-6,986	114,146	61,500	129,500	-277,394	20,742	0,036	10,804	23,700	12,896
297	-6,988	114,145	59,500	135,500	-254,454	20,388	0,028	13,333	25,720	12,387
298	-6,989	114,145	58,500	138,500	-215,163	19,498	0,029	13,179	25,720	12,541
299	-6,991	114,145	58,500	143,500	-154,554	18,049	0,032	13,106	25,560	12,454
300	-6,992	114,145	58,500	146,500	-141,654	17,753	0,027	13,985	20,220	6,235
301	-6,993	114,144	55,500	150,500	-194,083	19,055	0,027	13,744	17,520	3,776
302	-6,995	114,143	54,500	154,500	-212,060	19,400	0,027	13,740	15,710	1,970
303	-6,995	114,143	54,500	156,500	-202,111	19,197	0,033	12,518	15,710	3,192
304	-6,996	114,142	50,500	158,500	-196,233	19,199	0,026	14,042	15,710	1,668
305	-6,996	114,141	47,500	157,500	-244,913	20,438	0,027	13,735	14,710	0,975
306	-6,995	114,140	44,500	156,500	-286,897	21,515	0,025	14,440	12,690	1,750
307	-6,994	114,140	45,500	152,500	-362,329	23,313	0,036	10,367	12,050	1,683
308	-6,993	114,140	45,500	149,500	-411,708	24,497	0,027	13,183	12,240	0,943
309	-6,991	114,141	46,500	144,500	-381,954	23,801	0,032	11,444	11,150	0,294
310	-6,990	114,141	46,500	141,500	-387,600	23,986	0,035	10,261	11,200	0,939
311	-6,988	114,141	46,500	137,500	-431,736	25,082	0,034	10,479	11,970	1,491
312	-6,987	114,141	47,500	132,500	-466,937	25,856	0,031	11,513	10,060	1,453
313	-6,985	114,141	48,500	128,500	-527,133	27,202	0,031	11,067	10,110	0,957
314	-6,984	114,141	48,500	124,500	-572,698	28,373	0,033	9,687	9,760	0,073
315	-6,983	114,142	50,500	121,500	-532,330	27,250	0,026	13,306	10,180	3,126
316	-6,981	114,142	51,500	118,500	-469,623	25,450	0,026	13,232	10,390	2,842
317	-6,980	114,143	53,500	115,500	-415,135	23,935	0,025	13,535	11,480	2,055
318	-6,979	114,143	53,500	111,500	-426,102	24,242	0,028	12,139	11,500	0,639
319	-6,977	114,143	54,500	106,500	-502,685	26,450	0,028	12,450	11,510	0,940
320	-6,976	114,144	55,500	102,500	-403,907	23,650	0,026	13,267	11,940	1,327
321	-6,975	114,144	55,500	99,500	-317,109	21,194	0,030	11,697	12,220	0,523
322	-6,973	114,144	56,500	96,500	-246,595	19,272	0,024	13,288	12,960	0,328
323	-6,972	114,145	57,500	93,500	-173,834	17,390	0,024	13,215	13,470	0,255
324	-6,971	114,145	58,500	90,500	-127,300	16,293	0,030	12,472	14,220	1,748
325	-6,970	114,145	58,500	87,500	-119,612	16,153	0,029	12,696	14,420	1,724
326	-6,969	114,145	58,500	84,500	-87,797	15,291	0,039	11,874	14,540	2,666
327	-6,968	114,145	59,500	82,500	-34,195	13,911	0,027	12,980	14,360	1,380
328	-6,967	114,145	59,500	78,500	45,827	11,922	0,029	13,258	14,150	0,892
329	-6,966	114,145	59,500	75,500	64,928	11,472	0,027	13,222	14,560	1,338
330	-6,965	114,145	59,500	72,500	58,595	11,598	0,030	13,328	14,770	1,442
331	-6,964	114,145	59,500	69,500	49,222	11,746	0,028	13,120	14,630	1,510
332	-6,962	114,146	60,500	66,500	59,149	11,533	0,025	13,027	14,590	1,563
333	-6,961	114,146	60,500	62,500	82,651	11,032	0,032	13,707	14,140	0,433
334	-6,960	114,146	60,500	58,500	116,904	10,298	0,034	14,285	14,000	0,285
335	-6,959	114,146	60,500	56,500	123,806	10,147	0,028	13,569	13,590	0,021



Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	CI	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
336	-6,958	114,146	60,500	53,500	114,004	10,365	0,027	13,398	13,260	0,138
337	-6,957	114,145	59,500	51,500	106,005	10,507	0,025	13,133	13,300	0,167
338	-6,956	114,145	59,500	49,500	102,964	10,533	0,031	13,704	12,930	0,774
339	-6,955	114,145	58,500	46,500	109,033	10,183	0,025	12,927	12,740	0,187
340	-6,955	114,143	54,500	45,500	125,682	9,491	0,023	12,443	12,090	0,353
341	-6,954	114,142	51,500	44,500	136,672	9,148	0,021	12,038	11,440	0,598
342	-6,955	114,142	50,500	47,500	119,298	9,640	0,024	12,544	11,110	1,434
343	-6,957	114,142	50,500	51,500	86,357	10,567	0,032	13,358	11,140	2,218
344	-6,959	114,142	50,500	56,500	57,460	11,312	0,027	12,884	10,870	2,014
345	-6,961	114,142	50,500	62,500	22,145	12,056	0,034	12,806	10,760	2,046
346	-6,963	114,142	51,500	67,500	8,799	12,305	0,028	12,549	11,220	1,329
347	-6,965	114,142	49,500	74,500	-27,207	13,206	0,032	12,335	10,030	2,305
348	-6,968	114,141	48,500	80,500	-129,380	15,766	0,030	11,827	9,380	2,447
349	-6,969	114,141	48,500	85,500	-259,039	19,168	0,031	11,245	9,050	2,195
350	-6,970	114,141	48,500	87,500	-323,656	20,889	0,028	11,739	9,050	2,689
351	-6,972	114,141	48,500	91,500	-407,383	23,149	0,029	11,459	8,960	2,499
352	-6,973	114,141	47,500	95,500	-367,885	22,061	0,026	12,634	8,630	4,004
353	-6,974	114,141	47,500	98,500	-363,908	21,993	0,027	12,270	8,390	3,880
354	-6,976	114,141	46,500	104,500	-437,656	24,203	0,030	10,978	7,850	3,128
355	-6,976	114,139	41,500	103,500	-441,682	23,938	0,025	12,782	6,050	6,732
356	-6,975	114,138	39,500	100,500	-397,036	22,072	0,031	9,791	6,060	3,731
357	-6,973	114,138	38,500	95,500	-395,774	21,386	0,029	9,971	6,570	3,401
358	-6,972	114,138	38,500	92,500	-373,475	21,012	0,026	11,134	6,780	4,354
359	-6,971	114,137	37,500	89,500	-321,726	19,719	0,031	9,813	7,050	2,763
360	-6,970	114,137	36,500	86,500	-268,133	18,064	0,029	10,414	7,110	3,304
361	-6,969	114,137	35,500	83,500	-217,668	16,262	0,028	10,086	7,160	2,926
362	-6,968	114,136	34,500	80,500	-192,362	15,214	0,024	10,579	7,400	3,179
363	-6,966	114,135	32,500	77,500	-178,806	14,669	0,026	9,948	7,230	2,718
364	-6,965	114,135	32,500	74,500	-160,017	14,412	0,030	9,685	7,330	2,355
365	-6,964	114,135	30,500	71,500	-142,609	13,640	0,022	10,500	7,720	2,780
366	-6,963	114,134	29,500	67,500	-136,047	13,142	0,029	9,251	8,180	1,071
367	-6,961	114,134	28,500	63,500	-124,185	13,237	0,029	9,696	8,580	1,116
368	-6,960	114,133	26,500	60,500	-106,690	13,275	0,020	11,168	8,900	2,268
407	-6,964	114,133	25,500	69,500	-142,689	13,682	0,024	10,226	7,500	2,726
408	-6,965	114,133	26,500	73,500	-158,583	14,201	0,028	9,721	7,100	2,621
409	-6,966	114,134	27,500	75,500	-170,655	14,416	0,029	9,547	6,800	2,747
410	-6,967	114,134	28,500	79,500	-183,899	14,157	0,026	9,297	6,540	2,757
411	-6,968	114,134	29,500	81,500	-183,251	13,983	0,025	9,373	6,510	2,863
412	-6,969	114,135	30,500	85,500	-211,229	15,394	0,028	9,391	6,360	3,031
413	-6,971	114,135	31,500	88,500	-273,778	17,813	0,029	9,994	6,070	3,924
414	-6,972	114,135	31,500	92,500	-342,583	20,042	0,022	12,523	5,770	6,753
415	-6,971	114,134	27,500	90,500	-280,981	18,123	0,024	11,340	5,360	5,980

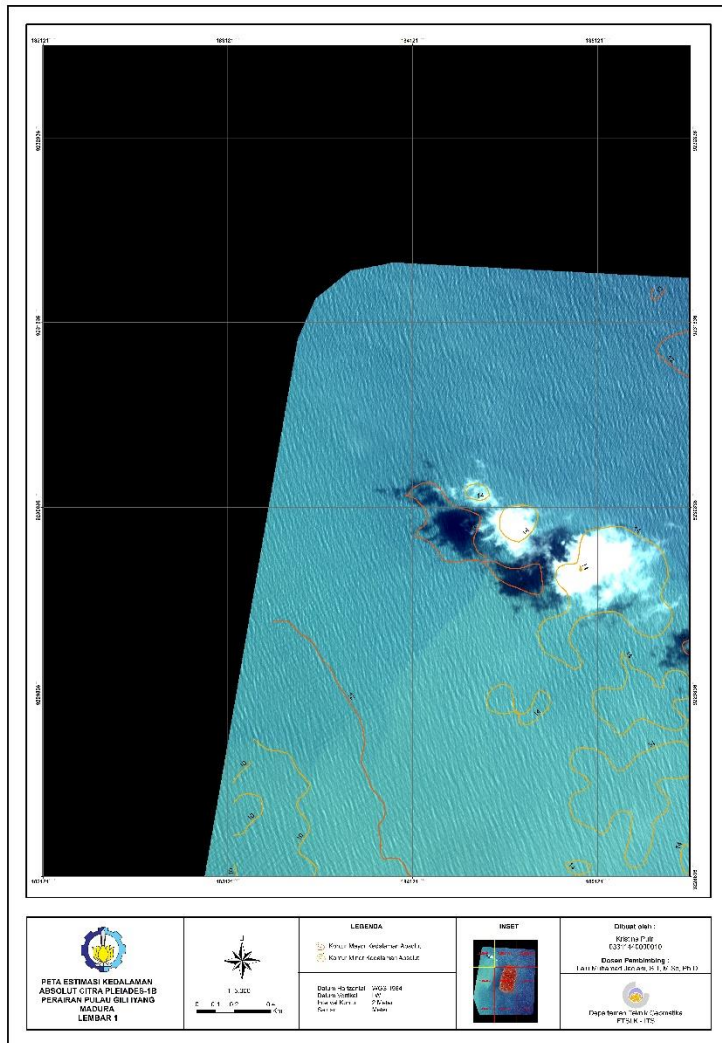
Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	CI	Intercept	Relative	Absolute	In situ	
416	-6,971	114,132	24,500	89,500	-260,152	17,451	0,030	9,553	5,200	4,353
417	-6,970	114,132	22,500	86,500	-227,337	16,329	0,027	10,290	5,320	4,970
463	-6,969	114,132	24,500	85,500	-214,435	15,672	0,025	10,399	5,620	4,779
464	-6,971	114,134	27,500	88,500	-251,324	17,007	0,031	9,225	5,640	3,585
465	-6,972	114,137	35,500	93,500	-389,513	21,203	0,026	10,977	5,890	5,087
466	-6,971	114,135	30,500	90,500	-302,015	18,783	0,032	9,192	5,710	3,482
467	-6,972	114,136	33,500	91,500	-347,731	20,178	0,028	10,454	6,030	4,424
468	-6,973	114,137	36,500	95,500	-402,752	21,435	0,036	7,126	5,830	1,296
469	-6,974	114,137	37,500	98,500	-395,758	21,506	0,023	12,363	5,710	6,653
470	-6,975	114,138	39,500	101,500	-405,324	22,450	0,027	11,621	5,510	6,111
471	-6,977	114,137	37,500	106,500	-501,468	25,643	0,025	12,918	4,960	7,958
472	-6,979	114,139	41,500	112,500	-647,478	30,045	0,036	6,708	5,340	1,368
473	-6,981	114,138	40,500	118,500	-554,444	27,597	0,036	7,782	5,400	2,382
474	-6,984	114,139	41,500	124,500	-525,310	27,135	0,029	11,953	6,000	5,953
475	-6,984	114,139	41,500	124,500	-525,310	27,135	0,029	11,953	5,990	5,963
476	-6,986	114,138	39,500	131,500	-503,806	26,910	0,036	8,818	7,310	1,508
477	-6,988	114,137	37,500	137,500	-554,256	28,401	0,034	9,725	8,240	1,485
478	-6,990	114,136	33,500	140,500	-491,715	26,775	0,028	13,090	12,380	0,710
479	-6,990	114,134	28,500	142,500	-415,931	24,995	0,032	11,553	13,610	2,057
480	-6,991	114,132	23,500	143,500	-370,238	24,075	0,032	12,042	14,150	2,108
481	-6,991	114,130	18,500	144,500	-333,322	23,370	0,030	13,310	14,910	1,600
482	-6,991	114,129	15,500	143,500	-321,307	23,147	0,036	11,434	13,050	1,616
513	-6,995	114,127	10,500	154,500	-353,370	23,687	0,034	11,634	15,720	4,086
514	-6,995	114,129	15,500	154,500	-346,651	23,657	0,028	13,852	15,710	1,858
515	-6,994	114,130	18,500	153,500	-352,618	23,874	0,034	11,993	15,710	3,717
516	-6,994	114,132	23,500	153,500	-358,410	24,113	0,027	14,609	15,700	1,091
517	-6,994	114,134	28,500	152,500	-355,818	23,838	0,030	13,065	15,850	2,785
518	-6,994	114,136	33,500	151,500	-355,058	23,509	0,027	13,946	15,870	1,924
519	-6,993	114,138	39,500	150,500	-367,035	23,539	0,028	13,373	9,270	4,103
520	-6,993	114,139	43,500	149,500	-397,851	24,177	0,026	13,946	10,710	3,236
521	-6,992	114,141	48,500	148,500	-378,627	23,691	0,026	13,687	15,010	1,323
522	-6,992	114,142	51,500	148,500	-281,985	21,284	0,030	12,802	19,360	6,558
523	-6,992	114,144	55,500	147,500	-199,826	19,223	0,029	13,344	21,700	8,356
524	-6,992	114,146	61,500	146,500	-103,224	16,701	0,028	13,834	15,950	2,116
525	-6,991	114,147	63,500	144,500	-92,921	16,473	0,028	13,892	15,970	2,078
526	-6,991	114,148	65,500	143,500	-68,304	15,877	0,032	13,722	15,980	2,258
527	-6,990	114,148	66,500	141,500	-45,445	15,286	0,024	14,180	16,000	1,820
528	-6,989	114,149	69,500	139,500	-4,429	14,245	0,027	14,124	16,010	1,886
529	-6,988	114,150	71,500	137,500	18,349	13,624	0,025	14,080	16,030	1,950
530	-6,987	114,151	74,500	134,500	74,593	11,861	0,026	13,812	16,040	2,228
531	-6,987	114,152	77,500	132,500	95,635	11,012	0,029	13,774	16,050	2,276
532	-6,986	114,153	80,500	130,500	121,550	9,930	0,021	12,492	15,930	3,438

Name	Coordinates		Pixel		Regression Coefficient		Depth			BIAS
	Latitude	Longitude	X	Y	C1	Intercept	Relative	Absolute	Insitu	
533	-6,985	114,154	83,500	127,500	115,809	9,570	0,016	11,467	14,840	3,373
534	-6,984	114,155	85,500	124,500	134,085	8,815	0,016	10,921	13,810	2,889
535	-6,982	114,156	87,500	119,500	166,601	7,725	0,020	10,995	13,790	2,795
536	-6,980	114,157	90,500	115,500	215,789	6,206	0,018	10,152	13,810	3,658

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

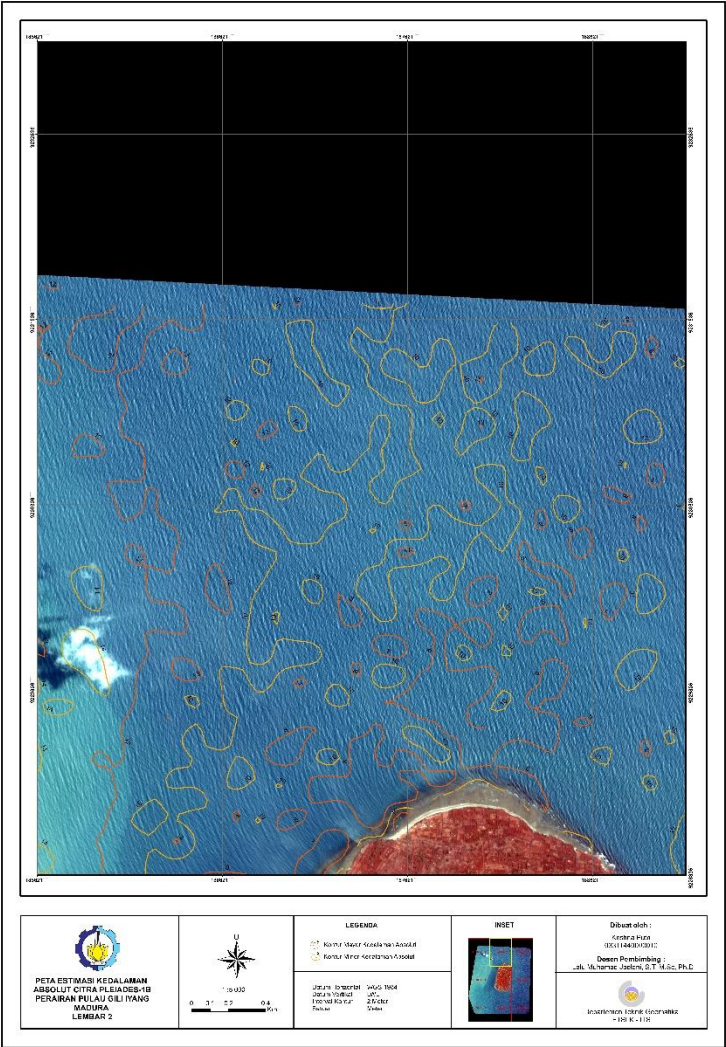
**Lampiran 4.** Peta Batimetri Perairan Gili Iyang Berdasarkan  
Pleiades-1B

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

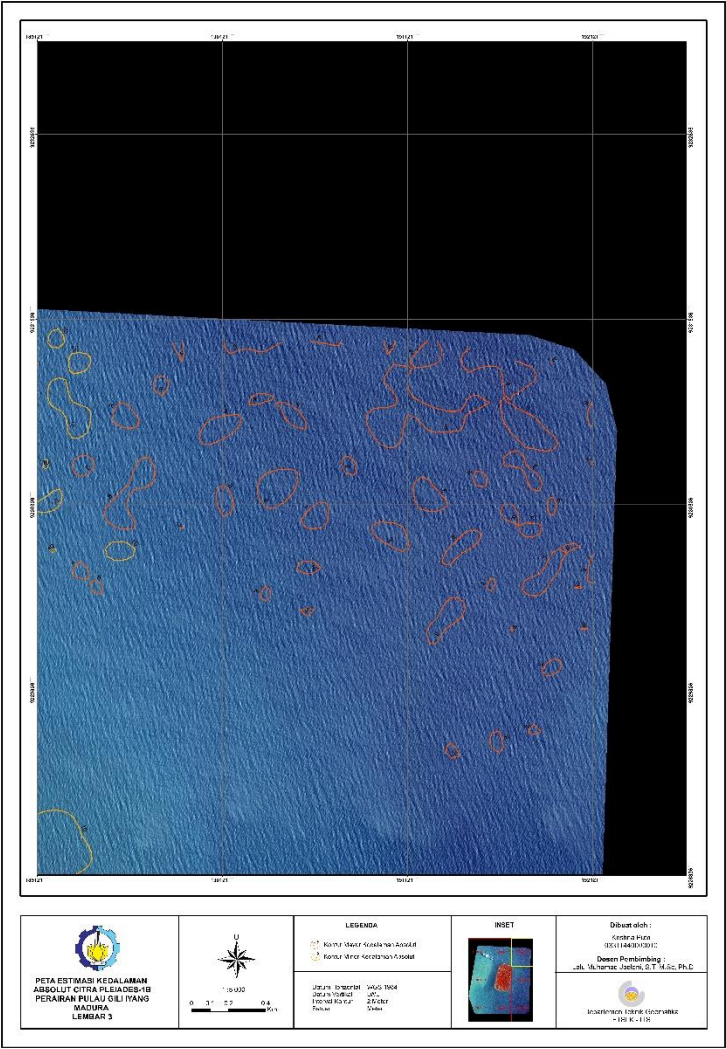


***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

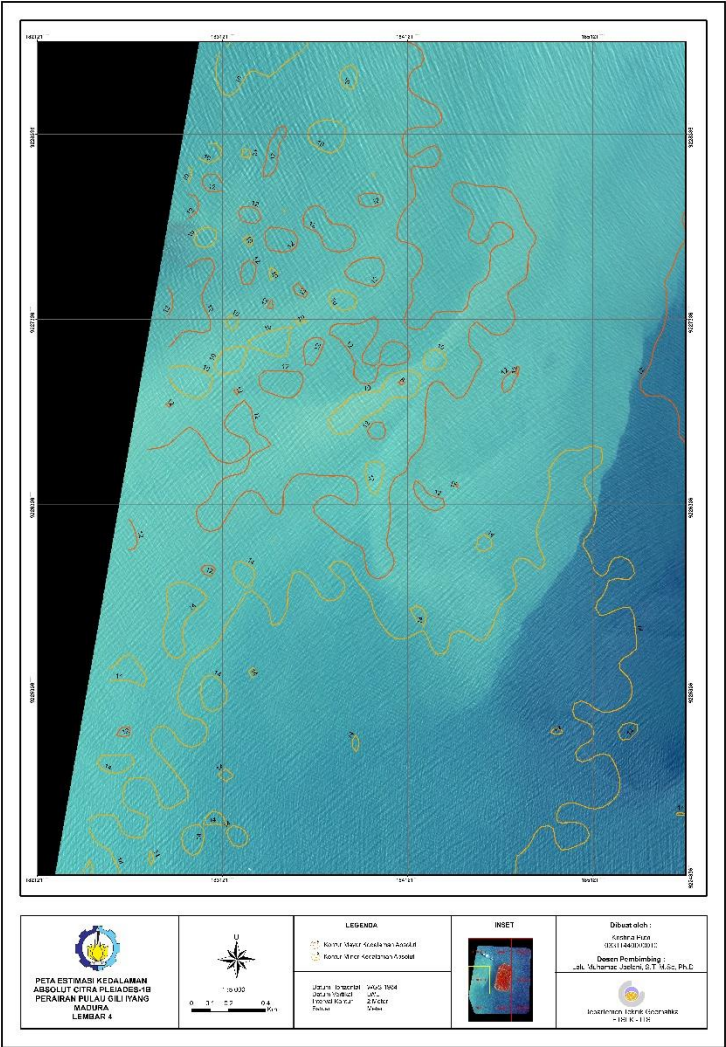




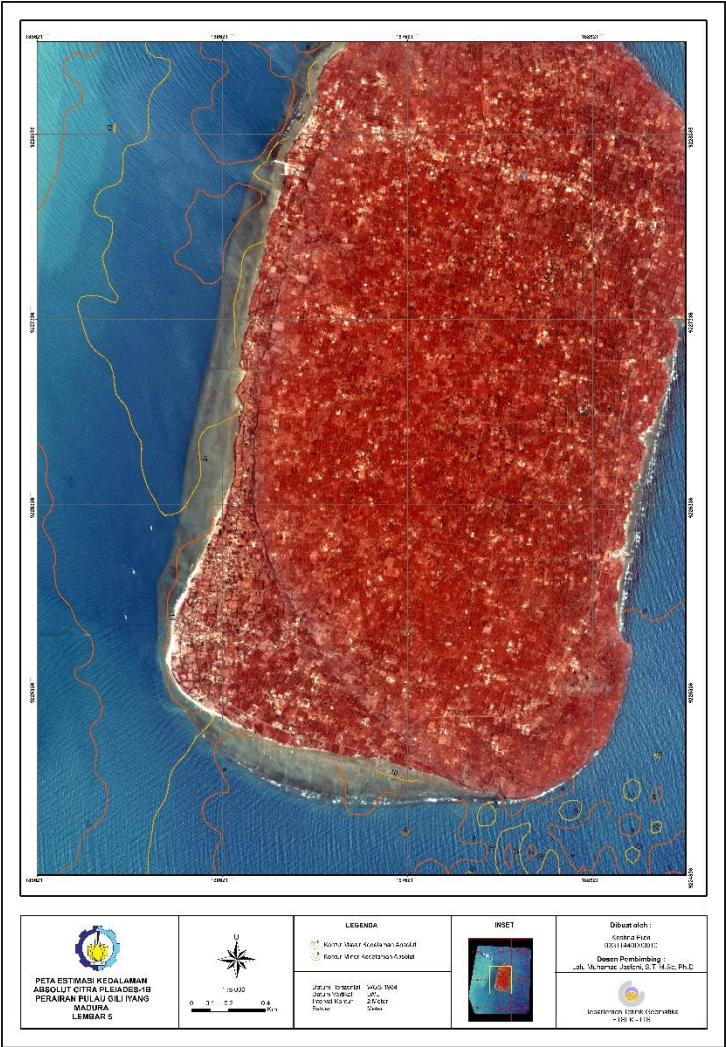
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

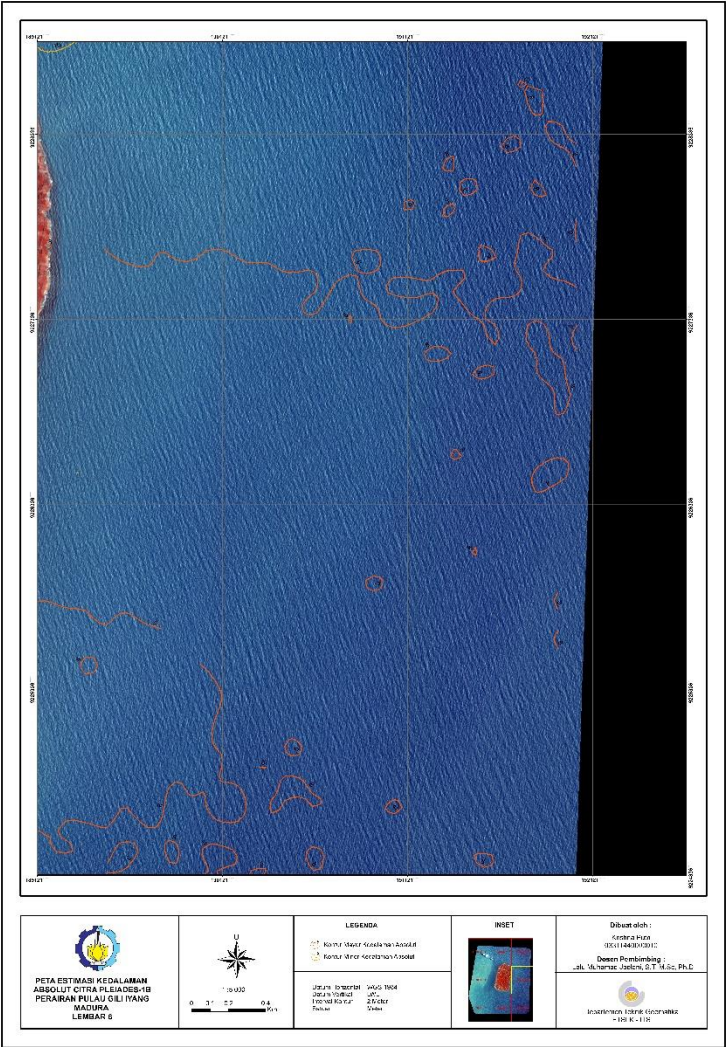


***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

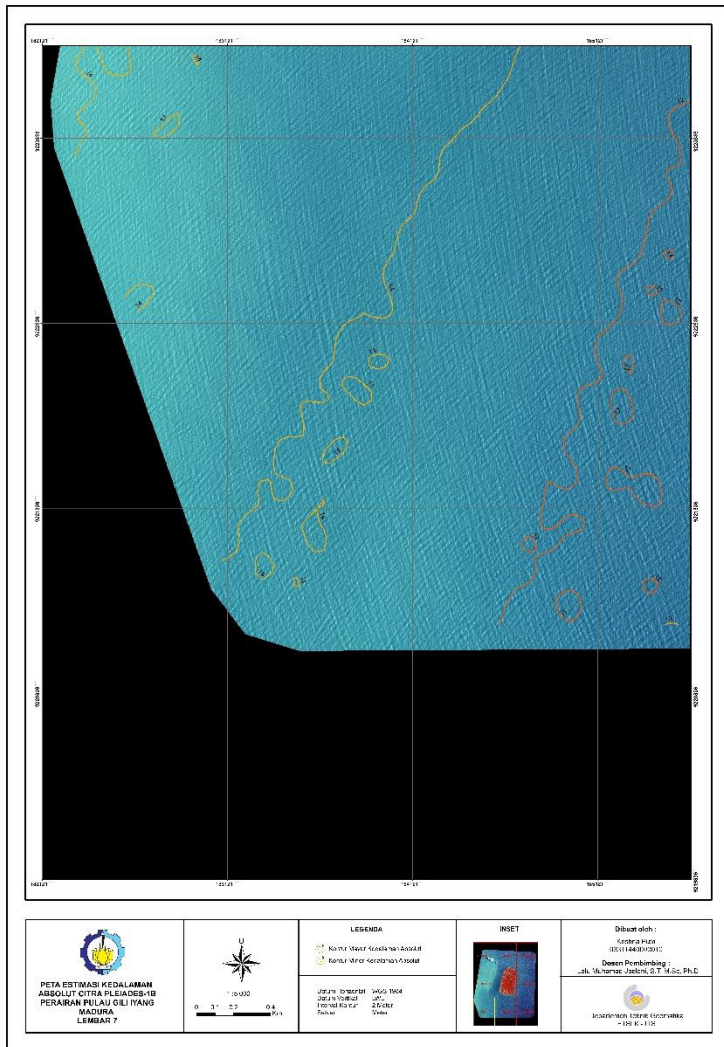


***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

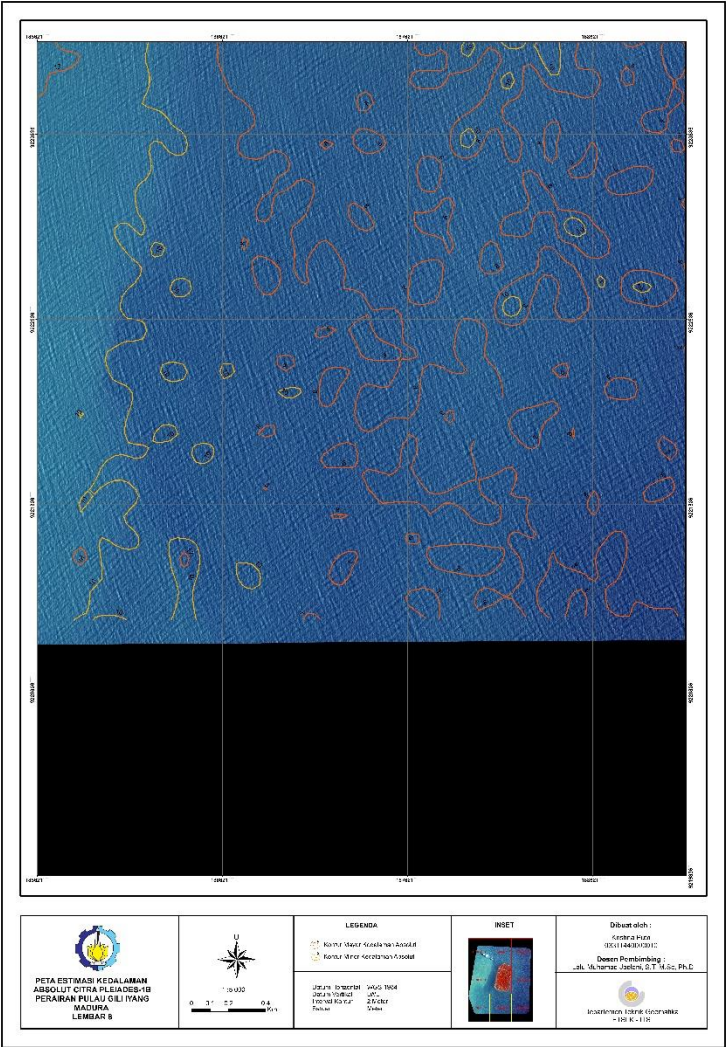




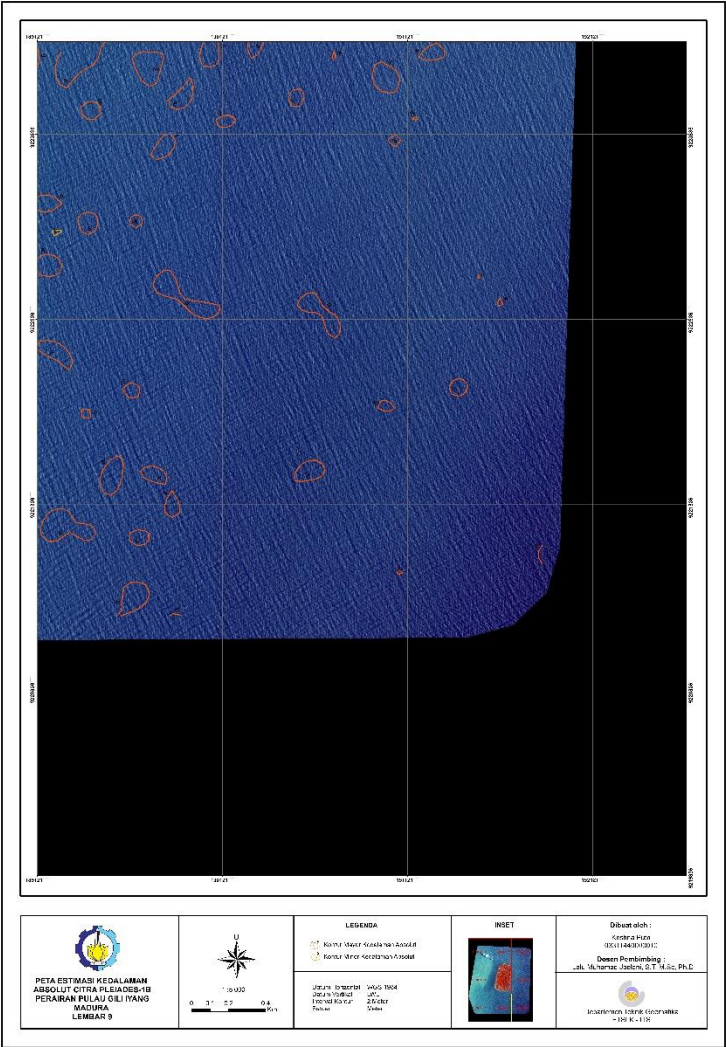
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Madiun, 22 Januari 1996, anak terakhir dari 3 bersaudara dan merupakan anak dari Bapak Karno Triutomo dan Ibu Sutiya. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kusuma Bangsa II, SDN Tambakmas 01, dan SMPN 1 Dolopo. Kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Geger dan aktif dalam ekstrakurikuler GECC (*Geger English Creative Community*) dan GVC (*Geger Volly Club*) pada tahun 2011 – 2013. Setelah lulus SMA kemudian melanjutkan studi S1 di Departemen Teknik Geomatika pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan tergabung dalam angkatan G16. Pada masa perkuliahan penulis aktif dalam HIMAGE-ITS, menjadi staf Departemen Sosial pada tahun 2015-2016 dan diamanahi menjadi Sekretaris Departemen Sosial HIMAGE-ITS pada tahun 2016-2017. Selain itu penulis juga aktif di berbagai kegiatan kampus, baik departemen, fakultas maupun institut, diantaranya adalah menjadi panitia Olimpiade FTSP 2015 dan ITS Expo 2016 serta mengikuti beberapa pelatihan diantaranya LKMM Pra-TD dan SCS (*Social Department and Community School*). Penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktik di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada tahun 2017 selama satu bulan. Penulis berharap segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan, baik mengenai tugas akhir maupun saran untuk pengembangan penelitian dapat dikomunikasikan langsung kepada penulis melalui *e-mail* [kristinaputriu@gmail.com](mailto:kristinaputriu@gmail.com).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***